



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Silas Nery de Oliveira

**Adaptações morfológicas e de desempenho entre praticantes de Treinamento
Funcional de Alta Intensidade e praticantes de Treinamento de Força**

Florianópolis
2023

Silas Nery de Oliveira

Adaptações morfológicas e de desempenho entre praticantes de Treinamento Funcional de Alta Intensidade e praticantes de Treinamento de Força

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Biodinâmica do Desempenho Humano.

Orientador: Prof. Antônio Renato Pereira Moro, Dr.
Coorientador(a): Prof.(a) Gabriela Fischer, Dr.(a)

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Oliveira, Silas Nery de

Adaptações morfológicas e de desempenho entre praticantes de treinamento funcional de alta intensidade e praticantes de treinamento de força / Silas Nery de Oliveira ; orientador, Antônio Renato Pereira Moro, coorientadora, Gabriela Fischer, 2023.

139 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Desportos, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Educação Física. 2. plasticidade muscular. 3. métodos de treinamento. I. Moro, Antônio Renato Pereira . II. Fischer, Gabriela. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. IV. Título.

Silas Nery de Oliveira

Adaptações morfológicas e de desempenho entre praticantes de Treinamento Funcional de Alta Intensidade e praticantes de Treinamento de Força

O presente trabalho em nível de Doutorado foi avaliado e aprovado, em 7 de julho de 2023, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Cíntia de la Rocha Freitas, Dr.(a)
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Fernando Diefenthaler, Dr.
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Déborah de Araújo Farias, Dr.(a)
Instituição Universidade Nilton Lins

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Doutor em Educação Física.

Insira neste espaço a
assinatura digital

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Insira neste espaço a
assinatura digital

Prof. Antônio Renato Pereira Moro, Dr.
Orientador

Florianópolis, 2023.

Este trabalho é dedicado
ao meu pai e minha mãe, meus heróis.

AGRADECIMENTOS

A estrada da vida acadêmica é um emaranhado de nuances e caminhos que tornam fascinante a vida de um jovem pesquisador em busca dos seus sonhos. Agradeço a Deus pela oportunidade, vida e generosidade de poder viver e experienciar cada momento dessa estrada que começou há muitos anos. Agradeço também aos meus maiores incentivadores e apoiadores ao longo de todo esse percurso, meus pais. As raízes da minha determinação estão alicerçadas nos ensinamentos e exemplos que eles e meus avós me proporcionaram ao longo de todos esses anos. Obrigado por tudo, saibam que essa conquista é nossa.

Trilhar essa jornada não é tarefa fácil e, embora os passos pareçam solitários, o ecoar da marcha denota que na verdade trata-se de um esforço coletivo. Agradeço por todo suporte da Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Educação Física, Centro de Desportos e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Todas essas entidades me acolheram e me acompanharam numa eterna lida diária para tornar meu sonho possível e alcançável. Assim como cada voluntário dessa pesquisa, que foram essenciais para a concretização desse sonho.

A jornada é longa, qualquer desorientado está fadado a cometer erros irreparáveis. É por isso que o direcionamento, suporte e exemplos são fundamentais na vida acadêmica. Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Antônio Moro, por todos esses anos de convivência e ajuda. A minha coorientadora, Prof^a Dr^a Gabriela Fischer pelo auxílio e suporte, a Prof^a Dr^a Déborah Farias que gentilmente aceitou o convite para deixar sua marca nessa trajetória. A Prof^a Dr^a Cíntia Freitas pelo cuidado, carinho e atenção em todos esses anos, e ao Prof. Dr. Fernando Diefenthaler pela ajuda, seriedade e palavras de ânimo.

Agradeço aos milhares de caminhos que cruzaram minha estrada. Aos amigos e colegas do Laboratório de Biomecânica, aos parceiros, colegas e amigos da pós-graduação e graduação da UFSC, ao GPEC, ao PROCOR, ao GraSiAnNi, a “Salinha”, aos amigos que foram para outros países, Estados, aos que na minha cidade natal torciam por mim, a minha família, familiares e todos aqueles que colaboraram de alguma forma com toda essa caminhada incessante, meu mais profundo, sincero e amado, muito obrigado.

Por conseguinte, seria um desvaneio acreditar que em meio à essa aquarela de eufemismos e hipérboles, a estrada da vida acadêmica estivesse chegando ao fim. Na verdade, meus agradecimentos são pelas conquistas e aprendizados alcançados até agora. A vida acadêmica é contínua, novos sonhos e desafios são postos à mesa a cada momento. Espero vivenciar cada um deles, e que as oportunidades para novas conquistas estejam só começando

Não sabeis vós que os que correm no estádio, todos, na verdade, correm, mas um só leva o prêmio? Correi de tal maneira que o alcanceis. (I Coríntios 9:24)

RESUMO

Na prática do Treinamento Funcional de Alta Intensidade (TFAI), a inserção de exercícios de força e aeróbios na mesma sessão, ou em sessões próximas pode predispor o surgimento do efeito de interferência. Esse efeito prejudica a produção ótima de força e potência muscular dos membros inferiores refletindo possíveis alterações nas adaptações musculoesqueléticas. A exposição crônica a esse efeito parece ser vital para tais alterações, dessa forma, praticantes experientes vivenciariam essas alterações diferentemente daqueles não expostos ao efeito de interferência, como praticantes a longo prazo em Treinamento de Força (TF). Sendo assim, o objetivo dessa tese foi avaliar as adaptações na arquitetura, qualidade e morfologia muscular, além de desempenho de força máxima e potência muscular entre praticantes de TFAI e TF. Foi realizada uma pesquisa de caráter transversal, com 3 encontros constituídos de entrevista, avaliação e reprodutibilidade da avaliação. Participaram 24 homens ($28,46 \pm 6,03$ anos; estatura de $162 \pm 6,73$ cm) alocados em três grupos diferentes: um grupo controle, chamado de fisicamente ativos (FA, $n = 8$) que praticavam diferentes tipos de atividade física, praticantes experientes há 3 anos em TFAI (TFAI, $n = 8$) e praticantes experientes há 4 anos em TF (TF, $n = 8$). Para a arquitetura e qualidade muscular foram coletadas informações do comprimento do fascículo (CF), ângulo de penação (AP), espessura muscular (EM) e intensidade do eco (IE) do Vasto intermédio (VI), Reto femoral (RF), Vasto lateral (VL) e Vasto medial (VM), por meio de um aparelho de ultrassom no modo B, além de informações do volume muscular e da área de secção transversa (AST) do RF e do VL, sendo todas as imagens processadas no programa *Image J*. Para a potência muscular, foi utilizada uma plataforma de força e análise por rotina matemática para coletar informações da altura do salto, pico de potência e pico de potência ajustado. Enquanto para a força muscular, foi coletada a maior carga levantada no teste de uma repetição máxima no agachamento costas. Foram realizadas comparações entre os grupos com auxílio da Análise de Variância de uma via, correlação entre adaptações na musculatura e o desempenho físico por meio do teste correlação de Pearson, sendo todas essas análises realizadas com auxílio do pacote estatístico SPSS, adotando nível de significância de 5%. Para o AP do VI e VM os grupos de treinamento não diferiram entre si e apresentaram maiores valores que os FA, enquanto para o AP do VL não houve diferença entre os grupos. Os grupos de treinamento apresentaram maiores valores de EM para o VI e RF, sem diferença entre eles. A EM do VL não diferiu entre nenhum dos grupos e o grupo de TF apresentou maior valor de EM do VM em relação ao grupo de FA. As medidas do CF e IE não diferiram entre os grupos. No volume muscular e para a AST do RF e VL, os grupos de treinamento apresentaram os maiores valores, sem diferença entre eles, além disso, esses mesmos grupos apresentaram maiores valores para a força máxima, pico de potência, e pico de potência ajustado, sem diferença entre eles. Houve correlação da força máxima com o CF ($r = 0,839$) do VM, além do AP ($r = 0,751$) e EM do VI ($r = 0,726$) para o grupo de TF, e com o CF do VI ($r = 0,759$) e AP do RF ($r = 0,862$) para o grupo de TFAI. Adicionalmente, houve correlação do pico de potência com a EM do VI ($r = 0,717$) e a EM do RF ($r = 0,823$), e da altura do salto com a EM do RF ($r = 0,715$) para o grupo de TF. Assim como correlação entre o CF do VL ($r = -0,714$), EM do VI ($r = -0,83$) e EM do VL ($r = -0,781$) com a altura do salto para o grupo de TFAI. Houve correlação da AST do VL com a força máxima ($r = 0,805$) e AST do RF com a altura do salto ($r = 0,82$) e potência pico ($r = 0,742$) para o grupo de TF. Assim como, houve correlação

entre a AST do RF ($r = -0,933$) e do VL ($r = -0,603$) com a potência muscular para o grupo de TFAI. Por conseguinte, as adaptações de arquitetura, qualidade e morfologia muscular, além do desempenho físico entre praticantes de TFAI e TF são semelhantes entre si. Entretanto, as contribuições dessas adaptações para um bom desempenho de força máxima e potência muscular diferem entre os grupos. Assim, com base nos dados da presente tese, não foi confirmada a existência de um efeito de interferência com a prática do TFAI.

Palavras-chave: musculoesquelético; aptidão física; mecânica muscular; plasticidade muscular.

ABSTRACT

In the practice of High-Intensity Functional Training (HIFT), the insertion of strength and aerobic exercises in the same session, or in close sessions, may predispose the emergence of the interference effect. This effect impairs the optimal production of strength and muscle power of the lower limbs, reflecting possible changes in musculoskeletal adaptations. Chronic exposure to this effect seems to be vital for such changes, therefore, experienced practitioners would experience these changes differently from those not exposed to the interference effect, such as long-term practitioners in Strength Training (ST). Therefore, the objective of this thesis was to evaluate adaptations in muscle architecture, quality, and morphology, as well as maximum strength performance and muscle power among HIFT and ST practitioners. A cross-sectional survey was carried out, with 3 meetings consisting of an interview, evaluation, and evaluation reproducibility. Participated in this study, 24 men (28.46 ± 6.03 years; height 162 ± 6.73 cm) were allocated to three different groups: a control group, called the physically active (PA, $n = 8$) that practiced different types of physical activity, experienced practitioners for 3 years in HIFT ($n = 8$), and experienced practitioners for 4 years in ST ($n = 8$). For the architecture and muscle quality, information was collected on fascicle length (FL), pennation angle (PA), muscle thickness (MT), and echo intensity (EI) of the Vastus intermedius (VI), Rectus femoris (RF), Vastus lateralis (VL), and Vastus medialis (VM), through an ultrasound device in B mode, in addition to information from the muscle volume and cross-sectional area (CSA) of the RF and VL, with all images processed in the Image J program. For muscle power, a force platform and mathematical routine analysis were used to collect information on jump height, peak power, and adjusted peak power. While for muscle strength, the highest load lifted in the test of one repetition maximum in the back squat was collected. Comparisons between groups were performed using a one-way Analysis of Variance, and correlation between muscle adaptations and physical performance using Pearson's correlation test, with all these analyses performed using the SPSS statistical package, adopting a significance level of 5%. For the PA of the VI and VM, the training groups did not differ among themselves and presented higher values than the PA, while for the PA of the VL there was no difference between the groups. The training groups showed higher values of MT for the VI and RF, with no difference between them. MT of the VL did not differ between any of the groups and the MT of the VM was higher for the ST group compared to the PA group. The FL and EI measurements did not differ between groups. In muscle volume and for the CSA of the RF and VL, the training groups had the highest values, with no difference between them, in addition, these same groups had the highest values for maximum force, peak power, and adjusted peak power, with no difference between them. There was a correlation of maximum strength with the FL of the VI, in addition to the PA and MT of the VI for the ST group, and with the FL of the VI and PA of the RF for the HIFT group. Additionally, there was a correlation between peak power and the MT of the VI ($r = 0.717$) and MT of the RF ($r = 0.823$), and correlation between jump height and the MT of RF ($r = 0.715$) for the group of ST group. As well as the correlation between the FL of the VL ($r = -0.714$), the EM of the VI ($r = -0.83$), and the EM of the VL ($r = -0.781$) with the jump height for the HIFT group. There was a correlation between the CSA of the VL and maximum strength ($r = 0.805$), as well as between the CSA of the RF and jump height ($r = 0.82$) and peak power ($r = 0.742$) for the ST group. Likewise, there was a correlation between the CSA of the RF ($r = -0.933$) and the CSA of the VL ($r = -0.603$) with muscle power for the HIFT group. Therefore, adaptations of architecture,

quality, and muscle morphology, in addition to physical performance among practitioners of HIFT and ST are similar to each other. However, the contributions of these adaptations to good maximal strength and muscle power performance differences between groups. Thus, based on the data of this thesis, the existence of an interference effect with the practice of HIFT was not confirmed.

Keywords: skeletal muscle; physical fitness; muscle mechanics; muscle plasticity.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABBU	Associação Brasileira de Bibliotecas Universitárias Brasileiras
ACRL	Association of College and Research Libraries
BC	Biblioteca Central
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
BN	Biblioteca Nacional
BU	Biblioteca Universitária
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCN	Catálogo Coletivo Nacional
CDD	Classificação Decimal de Dewey
CDU	Classificação Decimal Universal
COMUT	Programa de Comutação Bibliográfica
EaD	Educação a distância
ENEGEP	Encontro Nacional de Engenharia de Produção
ERIC	Education Resources Information Center
FIES	Financiamento ao Estudante do Ensino Superior
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
IES	Instituição de Educação Superior
IMVP	International Motor Vehicle Program
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MARC	Machine Readable Cataloging
MEC	Ministério da Educação
MFV	Mapa do Fluxo de Valor
MIT	Massachusetts Institute of Technology
AMPK	Adenosina Monofosfato Quinase
AP	Ângulo de Penação
AST	Área de Secção Transversa
CCI	Coeficiente de Correlação Intraclasse
CF	Comprimento do Fascículo
Class	Classificação
D	Densidade Corporal
DP	Desvio Padrão
EA	Espessura Adiposa

EM	Espessura Muscular
EQ	Espessura do Quadríceps
ETM	Erro Típico de Medida
FA	Fisicamente Ativos
GC	Grupo Controle
ID	Idade
IE	Intensidade do Eco
IPAQ	Questionário Internacional de Atividade Física
ISAK	<i>International Society for the Advancement of Kinanthropometry</i>
MMA	Artes Marciais Mistas
MLG	Massa Livre de Gordura
mTOR	Proteína Alvo da Rapamicina em Mamíferos
RF	Reto Femoral
TA	Treinamento Aeróbio
TCLE	Termo de Consentimento Livre Esclarecido
TDF	Taxa de Desenvolvimento de Força
TE	Tamanho de Efeito
TF	Treinamento de Força
TFAI	Treinamento Funcional de Alta Intensidade
TIAI	Treinamento Intervalado de Alta Intensidade
UA	Unidades Arbitrárias
VI	Vasto Intermédio
VL	Vasto Lateral
VM	Vasto Medial
VS	Versus
W	Watts
WOD	<i>Workout of the Day</i>
%G	Percentual de Gordura Corporal
1RM	Uma Repetição Máxima

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS	18
1.1.1	Objetivo geral	18
1.1.2	Objetivos específicos	18
1.2	HIPÓTESES.....	18
1.3	JUSTIFICATIVA.....	20
2	DESENVOLVIMENTO	22
2.1	REVISÃO DE LITERATURA.....	22
2.1.1	Treinamento de força e adaptações na arquitetura muscular	22
2.1.2	Treinamento Funcional de Alta Intensidade	32
2.1.2.1	<i>Comparação entre o Treinamento Funcional de Alta Intensidade e Treinamento de Força</i>	32
2.1.2.2	<i>CrossFit®</i>	41
2.1.3	Efeito de Interferência	43
2.1.4	Método	49
2.1.4.1	<i>Caracterização do estudo</i>	49
2.1.4.2	<i>Participantes do Estudo</i>	49
2.1.4.3	<i>Critério de inclusão</i>	50
2.1.4.4	<i>Critério de exclusão</i>	50
2.1.4.5	<i>Número de participantes</i>	51
2.1.4.6	<i>Desenho do estudo</i>	51
2.1.4.7	<i>Varáveis</i>	52
2.1.4.8	<i>Protocolo de Segurança</i>	54
2.1.4.9	<i>Instrumento e Procedimento de Medida</i>	54
2.1.5	Resultados	68
2.1.5.1	<i>Caracterização dos Participantes</i>	68
2.1.5.2	<i>Arquitetura Muscular</i>	70
2.1.5.3	<i>Morfologia muscular</i>	75
2.1.5.4	<i>Medidas de desempenho</i>	75
2.1.5.5	<i>Correlação entre arquitetura muscular e medidas de desempenho</i>	76
2.2	CORRELAÇÃO ENTRE MORFOLOGIA MUSCULAR E MEDIDAS DE DESEMPENHO	78

2.2.1.1	<i>Área de secção transversa e volume muscular</i>	78
2.2.2	Discussão	82
2.2.2.1	<i>Arquitetura muscular</i>	82
2.2.2.2	<i>Força máxima</i>	89
2.2.2.3	<i>Potência muscular</i>	91
2.2.2.4	<i>Área de secção transversa do RF e VL</i>	93
2.2.2.5	<i>Volume muscular</i>	94
2.2.2.6	<i>Correlação entre arquitetura muscular e desempenho de força máxima</i>	96
2.2.2.7	<i>Correlação entre arquitetura muscular e desempenho de potência muscular</i> 97	
2.2.2.8	<i>Correlação entre a AST do RF e VL e o desempenho de força máxima</i>	98
2.2.2.9	<i>Correlação entre a AST do RF e VL com o desempenho de potência muscular</i> 100	
2.2.2.10	<i>Correlação entre volume muscular do quadríceps e o desempenho de força máxima e potência muscular</i>	101
2.2.2.11	<i>Limitações do estudo</i>	103
2.2.2.12	<i>Contribuições do estudo</i>	104
3	CONCLUSÃO	105
3.1	APLICAÇÕES PRÁTICAS	106
	REFERÊNCIAS	107
	APÊNDICE A – MODELO DE QUESTIONÁRIO	127
	APÊNDICE B – PROTOCOLO DOBRAS CUTÂNEAS	132
	APÊNDICE C – INFORMAÇÃO DE SUPLEMENTOS	133
	APÊNDICE D – MEDIDAS ADICIONAIS ARQUITETURA MUSCULAR .	134
	APÊNDICE E – MEDIDAS ADICIONAIS MORFOLOGIA E DESEMPENHO FÍSICO	135
	ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA	136
	ANEXO B – QUESTIONÁRIO IPAQ	138

1 INTRODUÇÃO

O Treinamento Funcional de Alta Intensidade (TFAI) surgiu como um produto do Treinamento Intervalado de Alta Intensidade e do Treinamento de Força (TF) (BENZEEV; OKUN, 2021), e tem ganhado bastante adeptos nos últimos anos. Uma característica desse método de treinamento é a inserção de vários tipos de exercícios na mesma sessão, que incluem levantamento de peso olímpico, calistenia, movimentos de ginástica, e atividades cardiovasculares (ADAMI *et al.*, 2020; MARTÍNEZ-GÓMEZ *et al.*, 2019). Dessa forma, esse método incorpora uma variedade de movimentos funcionais, realizados em alta intensidade, projetados para melhorar os parâmetros de aptidão física geral e desempenho dos seus praticantes (FEITO *et al.*, 2018).

Com o aumento da prática desse treinamento, muitas pesquisas têm sido desenvolvidas, principalmente, com o objetivo de traçar as características fisiológicas de seus praticantes e associá-las com o desempenho (ADAMI *et al.*, 2020; BUTCHER *et al.*, 2015; DEXHEIMER *et al.*, 2019; GÓMEZ-LANDERO; FRÍAS-MENACHO, 2020). Esses estudos têm demonstrado que a força geral, a potência muscular e a capacidade aeróbia são adaptações alcançadas com a prática do TFAI, e que elas estão associadas com um bom desempenho nesse treinamento (BELLAR *et al.*, 2015; BUTCHER *et al.*, 2015; DEXHEIMER *et al.*, 2019; GÓMEZ-LANDERO; FRÍAS-MENACHO, 2020; MANGINE *et al.*, 2020b; SCHLEGEL; REŽNÝ; FIALOVÁ, 2020). Assim como, tem sido observado que o tempo de prática também é um fator contributivo para um bom desempenho no TFAI (BUTCHER *et al.*, 2015; MANGINE *et al.*, 2020a, 2020b).

Sabe-se que essas adaptações relacionadas à força, à potência muscular, e à capacidade aeróbia são alcançadas com treinamentos específicos, mas que sessões de TFAI podem ser estruturadas a fim de alcançá-las e, dessa forma, proporcionar um bom desempenho (DEXHEIMER *et al.*, 2019; ZEITZ *et al.*, 2020). Todavia, alguns pesquisadores têm levantado a hipótese de que essa natureza do TFAI, visando o desenvolvimento de diferentes capacidades físicas, especialmente relacionadas a aspectos neuromusculares e cardiorrespiratórios, pode levar ao aparecimento do efeito de interferência (SCHLEGEL, 2020; TIBANA *et al.*, 2019).

Esse efeito acarreta prejuízo ao desempenho neuromuscular dos membros inferiores (WILSON *et al.*, 2012) e afeta principalmente indivíduos treinados (PETRÉ

et al., 2021). Isso porque, com o passar dos anos, a prática isolada do TF e treinamento aeróbio passam a ser mais específicos com a inserção de maiores cargas, a fim de interromper a homeostase instalada ao longo do treinamento. Dessa forma, o tempo de experiência proporcionaria o efeito de interferência, impactando negativamente nas adaptações morfológicas e de desempenho de treinamentos cujas sessões incluem exercícios aeróbios e de força muscular (COFFEY; HAWLEY, 2017; PETRÉ *et al.*, 2021).

Embora essa temática seja muito importante, até o presente momento, ao nosso conhecimento, apenas o estudo de Sousa et al. (2016) objetivou avaliar a existência do efeito de interferência associado ao TFAI. Os autores compararam praticantes de TFAI e praticantes de TF, e não observaram diferença entre eles quanto a capacidade aeróbia e potência de membros inferiores. Esses resultados são bastante relevantes, principalmente, por serem os primeiros achados sobre a temática, todavia, os autores não incluíram avaliações de força e adaptação muscular dos membros inferiores, as quais também são influenciadas negativamente pelo efeito de interferência.

Dessa forma, permanece incerto na literatura se existe um fenômeno de interferência associado ao TFAI, de modo que as adaptações de desempenho envolvendo força e potência muscular, além das adaptações musculares dos membros inferiores, sejam influenciadas a ponto de diferirem daquelas adaptações alcançadas pela prática de um treinamento específico, como é o caso do TF. Assim, levantou-se como problemas de pesquisa: Quais as adaptações de arquitetura e qualidade muscular entre praticantes experientes de TFAI e TF? Qual o desempenho de força e potência muscular alcançado entre praticantes experientes de TFAI e TF? Existe correlação entre as adaptações de arquitetura muscular e de desempenho, entre praticantes experientes de TFAI e TF?

As respostas desses problemas podem auxiliar na inferência sobre a existência do efeito de interferência, no desempenho e morfologia muscular, em praticantes de TFAI quando comparado a praticantes de TF. Principalmente, no contexto do tempo de prática desses treinamentos, envolvendo indivíduos experientes, que ao nosso conhecimento, foram pouco explorados na literatura até o momento. Dessa forma, além de contribuir com novos achados a literatura, profissionais relacionados à prescrição de exercícios podem se informar sobre as

adaptações a longo prazo, e os benefícios e falhas que ambos os treinamentos podem acarretar aos seus praticantes.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar as adaptações morfológicas e de desempenho muscular em praticantes de Treinamento Funcional de Alta Intensidade e praticantes de Treinamento de Força.

1.1.2 Objetivos específicos

Comparar os praticantes de Treinamento Funcional de Alta Intensidade e Treinamento de Força, quanto:

- à arquitetura muscular;
- à qualidade muscular;
- à morfologia muscular;
- à força de membros inferiores e;
- à potência de membros inferiores;

Correlacionar as adaptações de arquitetura, morfologia e qualidade muscular com o desempenho de força e potência dos membros inferiores dos praticantes de Treinamento Funcional de Alta Intensidade e Treinamento de Força.

1.2 HIPÓTESES

Dependendo de algumas sessões, os exercícios no TFAI podem ser realizados até a falha concêntrica (FALK NETO; KENNEDY, 2019), o que pode favorecer a hipertrofia de indivíduos treinados (GRGIC *et al.*, 2021), ou seja, favorecer as adaptações na arquitetura muscular. Para os praticantes de TF duas ou mais sessões semanais influenciam positivamente na resposta de força e hipertrofia muscular para esse público (JOHNSEN; VAN DEN TILLAAR, 2021). Assim:

H1: Não há diferença no ângulo de penação, espessura muscular e área de secção transversa entre praticantes de TFAI e TF.

A intensidade do eco tem sido utilizada como uma medida de qualidade muscular, e tem sido observado que o treinamento físico pode melhorar a qualidade do músculo (WONG *et al.*, 2020). Logo:

H2: Os praticantes de TFAI e os praticantes de TF apresentam alta qualidade muscular, ou seja, baixos valores de intensidade do eco, sem diferença entre eles.

Nas sessões do TFAI, os praticantes realizam frequentemente o agachamento total, o qual parece promover maior ganho na força máxima que o agachamento paralelo ou meio agachamento, os quais são comuns no TF (PALLARÉS *et al.*, 2020). Portanto:

H3: Os praticantes de TFAI apresentam maior carga no teste de uma repetição máxima no agachamento que os praticantes de TF.

Exercícios do Levantamento de Peso Olímpico, comumente incorporados nas sessões de TFAI são utilizados para treinamento de potência muscular (TIBANA *et al.*, 2018), e são correlacionados com desempenho no salto vertical (CARLOCK *et al.*, 2004). Em comparação com os exercícios empregados no TF, os exercícios do Levantamento de Peso Olímpico parecem promover maiores ganhos de potência dos membros inferiores (ARABATZI; KELLIS, 2012). Logo:

H4: Os praticantes de TFAI apresentam maior potência de membros inferiores que os praticantes de TF.

A relação entre o desempenho no salto vertical e a arquitetura muscular ainda não está clara na literatura, além disso, poucos estudos avaliam todos os músculos do quadríceps, concentrando suas pesquisas no músculo vasto lateral (RUIZ-CÁRDENAS; RODRÍGUEZ-JUAN; RÍOS-DÍAZ, 2018), e tem sido observada correlação entre o vasto lateral e o desempenho no salto vertical (ALEGRE *et al.*, 2009; MANGINE *et al.*, 2014; METHENITIS, 2018). Dessa forma:

H5: A área de secção transversa do vasto lateral apresenta correlação com a potência dos membros inferiores, apenas para os praticantes de TFAI.

Alguns estudos têm observado correlação entre a área de secção transversa, a espessura e o volume muscular do vasto lateral com o desempenho no teste de força máxima no agachamento (NIMPFIUS; MCGUIGAN; NEWTON, 2012; WAGLE *et al.*, 2017; ZARAS *et al.*, 2016). Portanto:

H6: Independentemente do tipo de treinamento, há correlação do desempenho nos testes de força máxima e a espessura muscular, área de secção transversa e o volume muscular do vasto lateral.

1.3 JUSTIFICATIVA

O interesse em pesquisas científicas sobre o TFAI tem aumentado na última década. Primeiramente, com enfoque em lesões associadas à prática do TFAI (RODRÍGUEZ *et al.*, 2021) e, mais recentemente, com enfoque no perfil fisiológico e na predição de desempenho de praticantes e atletas (CLAUDINO *et al.*, 2018).

O TFAI desafia constantemente seus praticantes em qualquer combinação de força, resistência, potência e habilidade em várias modalidades (ADAMI *et al.*, 2020; MARTÍNEZ-GÓMEZ *et al.*, 2019). O maior número de *rounds*, ou a execução de uma sequência de exercícios no menor tempo possível são algumas das estruturas de treinamento desafiadoras projetadas no TFAI (MCDOUGLE *et al.*, 2023). O desempenho, nesse cenário, é bastante valorizado e, mesmo sem interesse de competição, um praticante pode registrar seu desempenho e comparar com aquele alcançado por um atleta por meio de valores de referências disponíveis na literatura (MANGINE; GRUNDLINGH; FEITO, 2023).

Dessa forma, estudos têm contribuído para a compreensão desse treinamento e suas demandas físicas, assim como, têm aberto discussões referentes à característica mais marcante do TFAI, que é a utilização de diferentes tipos de exercícios de caráter neuromuscular e cardiorrespiratório em uma única sessão. Assim, levantou-se na literatura a hipótese de que o TFAI proporcionaria o aparecimento do efeito de interferência (SCHLEGEL, 2020), o qual influencia negativamente nas adaptações de força e potência muscular dos membros inferiores, quando combinados estímulos distintos como exercícios aeróbios e de força na mesma sessão (FYFE; LOENNEKE, 2018; SCHUMANN; RØNNESTAD, 2019).

Embora a hipótese sobre o efeito de interferência associado ao TFAI tenha sido levantada, até o presente momento, ao nosso conhecimento, apenas um estudo objetivou avaliar a existência desse efeito associado a esse método de treinamento. Nesse estudo, Sousa *et al.* (2016) compararam homens com 1 ano de experiência em TFAI e TF, e após uma bateria de avaliações, os autores não observaram diferenças entre os participantes. Todavia, foram relatadas uma série de limitações, as quais não dão suporte para que uma conclusão não enviesada seja formulada. Dentre as limitações, os autores apontaram que apenas um único teste foi realizado para os membros inferiores e que o tempo de experiência dos participantes pode ter influenciado nos resultados.

De fato, o tempo de prática dos participantes pode influenciar nos resultados, como observado em estudos recentes, os quais apontam que 2 anos de experiência é o tempo considerado apropriado para se avaliar o desempenho de praticantes de TFAI (BUTCHER *et al.*, 2015; MANGINE *et al.*, 2020a, 2020b). Adicionalmente, Sousa *et al.* (2016) não avaliaram outros marcadores de adaptações ao treinamento como a força e as adaptações de morfologia muscular dos membros inferiores, que podem ser influenciadas negativamente pelo efeito de interferência (COFFEY; HAWLEY, 2017; WILSON *et al.*, 2012).

Nesse cenário, sem evidências que suportem a existência ou não de um efeito de interferência associado ao TFAI, a temática continua a ser apresentada na literatura sob aspectos especulativos, carecendo de estudos que se proponham a avaliá-la (FALK NETO; KENNEDY, 2019; SCHLEGEL, 2020; TIBANA *et al.*, 2019). Assim, para a literatura científica, esse estudo pode acrescentar informações referentes à existência ou não do efeito de interferência associado ao TFAI, especialmente, no contexto de indivíduos treinados, os quais estão mais sujeitos ao aparecimento desse efeito (COFFEY; HAWLEY, 2017; PETRÉ *et al.*, 2021) e, além disso, apresentar informações referentes à comparação da arquitetura muscular de praticantes experientes de TFAI e TF.

No tocante ao cenário prático, esse estudo pode auxiliar na prescrição dos profissionais do exercício, pois, levanta os pontos positivos e negativos que ambos os treinamentos podem ofertar aos seus praticantes. Dessa forma, o profissional pode intercambiar os pontos positivos de cada treinamento proporcionando um treinamento eficiente, dinâmico e atrativo para seu cliente, aluno ou atleta. Do ponto de vista do pesquisador principal deste estudo, o interesse nos diferentes métodos e tipos de treinamento, bem como o interesse pela morfologia muscular e suas adaptações frente ao estresse mecânico, foram os agentes motivadores para a execução do estudo.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 REVISÃO DE LITERATURA

2.1.1 Treinamento de força e adaptações na arquitetura muscular

A força muscular é fundamental para o desempenho bem sucedido e eficiente de tarefas comuns na vida diária (CARROLL; RIEK; CARSON, 2001), e tem se mostrado importante no desenvolvimento do desempenho esportivo (SUCHOMEL; NIMPHIUS; STONE, 2016). A força pode ser amplamente definida como a capacidade de produzir tensão máxima contra uma resistência externa (STONE, 1993) e, especialmente, no que concerne ao sistema musculoesquelético, uma das formas de se desenvolver a força muscular é por meio da prática do TF (MAESTRONI *et al.*, 2020; SCHOENFELD *et al.*, 2021b).

A prescrição desse treinamento se dá com a manipulação de diferentes variáveis, como tipo de ação muscular, seleção e ordem dos exercícios, intervalos de recuperação, velocidade de execução, frequência de treinamento, volume e carga (GRGIC; SCHOENFELD, 2019). O compilado dessas variáveis permite que diferentes adaptações musculares (DESCHENES; KRAEMER, 2002) e neurais (GABRIEL; KAMEN; FROST, 2006) sejam alcançadas. Assim, através dessas adaptações, pode-se observar aumentos na força e potência muscular (CORMIE; MCGUIGAN; NEWTON, 2011), ganhos hipertróficos (KRZYSZTOFIK *et al.*, 2019), melhora na resistência muscular (SCHOENFELD *et al.*, 2021b), além da melhora na coordenação, equilíbrio e desempenho motor (KRAEMER; RATAMESS, 2004).

Adicionalmente, o uso do TF com o objetivo de aumentar as qualidades subjacentes à força em atletas de elite é extremamente comum (MCGUIGAN; WRIGHT; FLECK, 2012). O principal objetivo da inserção desse tipo de treinamento baseia-se na tentativa de melhorar o desempenho atlético (LUM; BARBOSA, 2019). Revisões sistemáticas com metanálise têm destacado a importância da força muscular e suas diferentes manifestações, em relação às habilidades esportivas gerais e específicas, e redução na taxa de lesões em atletas (LUM; BARBOSA, 2019; SUCHOMEL *et al.*, 2018; SUCHOMEL; NIMPHIUS; STONE, 2016).

Relacionado ao condicionamento físico, várias entidades recomendam a prática do TF com objetivo de melhorar a qualidade de vida (BULL *et al.*, 2020; PESCATELLO *et al.*, 2014), combater comorbidades (ZHAO *et al.*, 2020), reduzir os efeitos deletérios do processo de envelhecimento (FRAGALA *et al.*, 2019) ou, apenas,

desenvolver ou manter a saúde musculoesquelética e neuromotora (GARBER *et al.*, 2011). Nesse cenário, parece pertinente destacar algumas adaptações que o TF proporciona ao organismo, pois, o desenvolvimento da força muscular é sustentado por uma combinação de fatores morfológicos e neurais (FOLLAND; WILLIAMS, 2007), incluindo a área de secção transversa e arquitetura muscular, rigidez musculotendínea, recrutamento de unidade motora, taxa de disparo, sincronização de unidade motora e inibição neuromuscular (SUCHOMEL *et al.*, 2018).

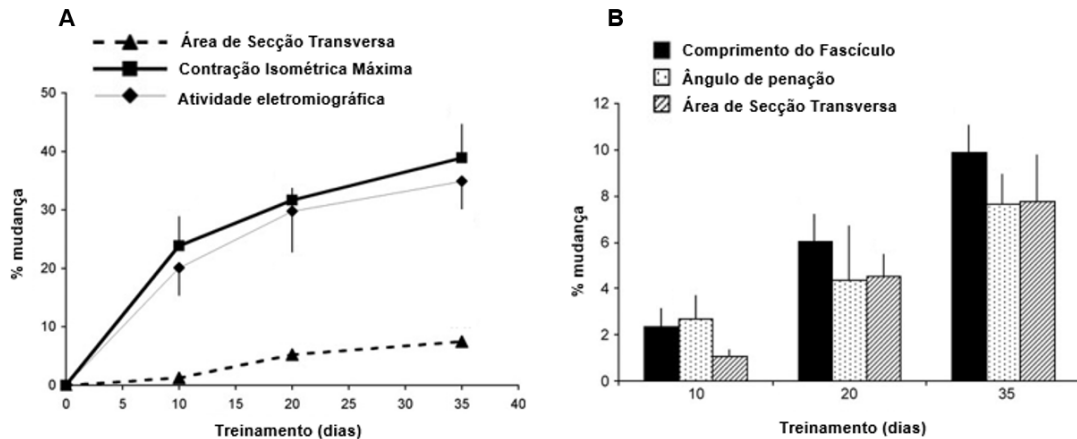
Mais especificamente, no que concerne às adaptações ao músculo, temos a arquitetura muscular, que é um conceito amplo aplicado para o arranjo dos componentes musculares dentro da estrutura do sistema musculoesquelético (KAWAKAMI, 2005). Esse arranjo pode ser dividido em três níveis (GANS; DE VREE, 1987): 1) a organização dos sarcômeros e sua disposição dentro das fibras; seguido pela 2) disposição das fibras dentro do músculo; e 3) a disposição do músculo junto a estrutura esquelética. As alterações morfológicas induzidas pelo TF, se manifestam por meio desses níveis (KAWAKAMI, 2005; SUCHOMEL *et al.*, 2018) e, assim, influenciam na capacidade de produção de força.

Alguns dos aspectos importantes que envolvem a arquitetura muscular são: o comprimento do fascículo, o ângulo de penação, a área de secção transversa e a qualidade muscular (MIRZAYEV, 2017; WONG *et al.*, 2020; WU *et al.*, 2020). Um estudo interessante que abordou diferentes adaptações referentes à arquitetura muscular e o TF foi realizado por Seynnes, De Boer e Narici (2007), os quais realizaram uma intervenção de 35 dias, com três sessões semanais, e cada sessão foi executada com 4 séries de 7 repetições máximas, no exercício *leg press*. Participaram 13 voluntários, de ambos os sexos, submetidos a avaliação de torque isométrico máximo dos extensores do joelho, atividade eletromiográfica e arquitetura muscular do vasto lateral, além da área de secção transversa (AST) do quadríceps.

Após a intervenção, os autores observaram que os indivíduos do grupo de treinamento experienciaram aumento de 38,9% no pico de torque isométrico, 34,8% da ativação eletromiográfica, 9,9% no comprimento do fascículo e 7,7% no ângulo de penação do vasto lateral. Adicionalmente, foi observado aumento na AST do quadríceps de 6,5% na região proximal e, de 7,4% na região distal (Figura 1). Em resumo, os autores observaram que a contribuição da hipertrofia para ganhos de força, ocorre a partir da terceira semana de TF e que não somente as adaptações

neurais, mas alterações na arquitetura muscular contribuem desde muito cedo para a produção de força.

Figura 1 - Mudanças ao longo de 35 dias de treinamento na área de secção transversa e contração isométrica do quadríceps, e atividade eletromiográfica do vasto lateral (A); e características da arquitetura muscular do vasto lateral (B).



Fonte: Seynes; Boer; Narici (2007)

Das adaptações observadas no estudo de Seynes, De Boer e Narici (2007), o aumento do comprimento do fascículo, frente ao TF, é um dos mais divergentes na literatura. Alguns estudos têm observado aumento do comprimento do fascículo após o TF (BLAZEVIICH *et al.*, 2007; TREZISE; BLAZEVIICH, 2019), enquanto outros estudos não têm observado alteração nesse componente da arquitetura muscular (EMA *et al.*, 2013; KAWAKAMI *et al.* 1995). No estudo realizado por Trezise e Blazeovich (2019), por exemplo, 36 homens não experientes em TF, foram submetidos a duas sessões semanais, em exercícios de membros inferiores, com 3 séries de 6 repetições máximas, ao longo de 10 semanas. Os autores avaliaram diferentes variáveis da arquitetura muscular, e observaram que houve mudanças significativas no comprimento do fascículo nos músculos vasto lateral (3,9 – 7,4%), reto femoral (3,6%) e vasto intermédio (6,1%).

Resultados similares foram encontrados no estudo de Blazeovich *et al.* (2007), no qual a influência de diferentes tipos de contração na arquitetura muscular foi avaliada ao longo de 10 semanas de treinamento. Os autores recrutaram 21 voluntários, de ambos os sexos, os quais foram divididos em dois grupos: ênfase na

fase concêntrica ou ênfase na fase excêntrica. Os participantes realizaram o treinamento entre 5 a 6 séries, com 6 repetições máximas executadas no dinamômetro isocinético, com velocidade angular fixada em 30°s^{-1} . Embora muitos achados tenham sido relatados, os autores observaram aumento de $\sim 4,7\%$ no comprimento do fascículo do vasto lateral dos participantes, quando analisados os resultados de ambos os grupos.

Em contrapartida, resultados divergentes foram apresentados por Ema et al. (2013), os quais avaliaram a arquitetura muscular em diferentes regiões do quadríceps. Os autores recrutaram onze homens e os submetem a um programa de TF de 12 semanas. Os voluntários realizaram apenas extensão unilateral do joelho, com 5 séries de 8 repetições, a 80% de uma repetição máxima (1RM). Todos os voluntários foram avaliados quanto a arquitetura muscular dos músculos do quadríceps, em 2 pontos diferentes do comprimento da coxa, além do pico de torque isométrico e força de 1RM para os extensores do joelho.

Como resposta ao treinamento, os autores observaram aumento no pico de torque (23,7%) e carga de 1RM para os extensores do joelho (27,8%), além do aumento na AST, ângulo de penação e espessura muscular do quadríceps. Dentre as variáveis de arquitetura muscular, os autores não observaram aumento do comprimento do fascículo em nenhum dos músculos avaliados, sendo esses resultados similares àqueles reportados por Kawakami et al. (1995), os quais observaram aumento da força muscular, porém, seguido de redução de 0,9% no comprimento do fascículo do músculo tríceps sural.

A nível celular, acredita-se que o aumento no número de sarcômeros em série é responsável pelo aumento do comprimento do fascículo (EMA *et al.*, 2013). Um estudo recente (DAVIS *et al.*, 2020), que avaliou os mecanismos de adaptação do comprimento do fascículo frente ao exercício físico, descreveu que o TF com ênfase na contração concêntrica visa a adição de sarcômeros em paralelo, e que essa adaptação influencia no ângulo de penação muscular, porém tem pouca influência no comprimento do fascículo. Isso explicaria os achados de Ema et al. (2013) e Kawakami et al., (1995), os quais, não enfatizaram a fase excêntrica do movimento nos exercícios prescritos, sendo impossibilitado observar o aumento no comprimento do fascículo.

Além da ênfase na contração excêntrica, Trezise e Blazevich (2019) relataram que a adição em série de unidades contráteis está relacionada à velocidade máxima

de encurtamento e exercícios que priorizem maiores amplitudes de movimentos. Esse último ponto é o que pode explicar a observação no aumento no comprimento do fascículo por Trezise e Blazevich (2019) e Blazevich et al. (2007), pois, em ambos os estudos, os autores relataram que a amplitude do movimento foi bastante controlada para que a maior amplitude permitida fosse alcançada, inclusive maior do que atividades consideradas excêntricas, o que permitiu melhoras, independentemente, do tipo de contração (BLAZEVIK *et al.*, 2007). Assim, as adaptações no comprimento do fascículo dependem de vários fatores, e alterações crônicas decorrentes do TF podem não ser observadas com tanta clareza.

No estudo supracitado de Davis et al. (2020), foi mencionado um componente da arquitetura muscular que está relacionado com o arranjo dos fascículos ou fibras musculares, o ângulo de penação (KAWAKAMI, 2005). As fibras podem organizar-se de forma paralela ou podem ligar-se a aponeurose muscular formando um ângulo em relação a linha de tensão do músculo (LIEBER; FRIDÉ, 2000). A segunda forma de disposição das fibras é característica dos músculos penados e, no estudo da arquitetura muscular associado ao exercício, tem sido observado que essa característica, ou ângulo de penação como é conhecida, é bastante sensível a mudanças em decorrência do TF (KAWAKAMI, 2005; SARTO *et al.*, 2021).

No estudo de Kawakami et al. (1995) foi avaliada a arquitetura muscular do tríceps braquial de 5 homens saudáveis, os quais experienciaram aumento significativo no ângulo de penação de 16,5° para 21,3°. O treinamento neste estudo foi realizado com 5 séries de 8 repetições cada, a 80% de 1RM, ao longo de 16 semanas, sendo o exercício tríceps francês unilateral executado pelos participantes. Similarmente, Aagaard et al. (2001) também observaram aumento no ângulo de penação, porém no músculo vasto lateral ($8 \pm 0,4^\circ$ para $10,7 \pm 0,6^\circ$), após submeterem 11 homens a 14 semanas de TF.

No estudo de Blazevich et al. (2007) foram observados aumentos significativos do ângulo de penação do vasto lateral de 11,5%, após 5 semanas de treinamento, e de 17,9% após 10 semanas de treinamento. Ema et al. (2013) também observaram aumento no ângulo de penação do vasto lateral (proximal, 10,5%; distal, 6,12%), vasto medial (proximal, 7,4%; distal, 3,8%), reto femoral (proximal, 13,19%; distal, 19,8%) e vasto intermédio (proximal, 6,34%; distal, 12,17%), após 12 semanas de TF. Além disso, os autores também observaram correlações significativas entre o ângulo de penação e a espessura muscular do quadríceps (vasto lateral, $r = 0,63$;

vasto medial, $r = 0,72$; reto femoral, $r = 0,45$ e; vasto intermédio, $r = 0,49$), apresentando que o ângulo de penação é bastante sensível ao TF, que ele é um dos fatores que contribuem para o aumento da espessura do músculo e que está relacionado com a hipertrofia muscular.

Essa característica observada em todos esses estudos está relacionada com a adição de sarcômeros em paralelo. O aumento no ângulo de penação do fascículo é resultado da maior inserção de material contrátil a uma área maior do tendão e, essa adaptação pode oferecer às fibras musculares a oportunidade de trabalharem próximo ao seu comprimento ótimo, na perspectiva da relação força-comprimento, por exemplo, contribuindo assim para o aumento da produção de força muscular (BLAZEVIČH *et al.*, 2007; DAVIS *et al.*, 2020; KAWAKAMI *et al.*, 1995).

Pensando na relação entre o ângulo de penação e a espessura muscular, Kawakami, Abe e Fukunaga (1993b) decidiram investigar a relação entre esses dois componentes da arquitetura muscular, em indivíduos de diferentes níveis de treinamento. Participaram do estudo 32 homens saudáveis dentre eles indivíduos não treinados, fisicamente ativos e altamente treinados (Fisiculturistas), sendo todos submetidos a avaliação da arquitetura muscular do músculo tríceps braquial.

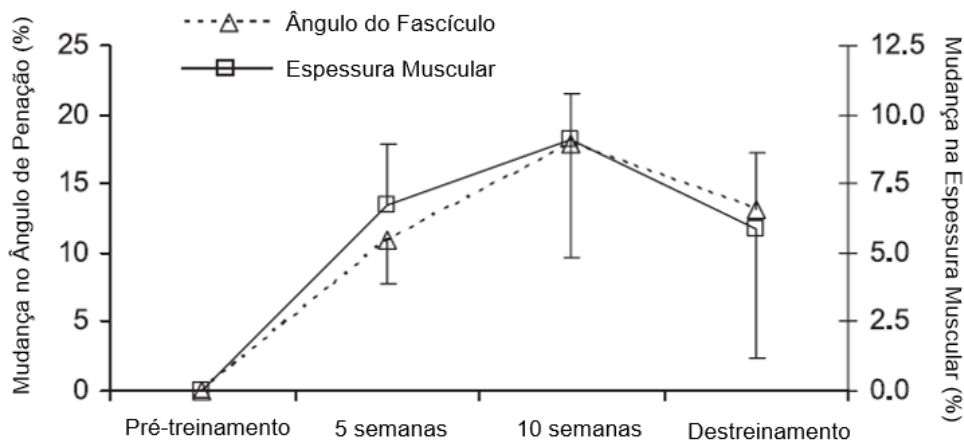
Os autores observaram uma variação na espessura do músculo (28 a 61 mm) e no ângulo de penação, tanto na cabeça longa ($15 - 53^\circ$) quanto na cabeça medial ($9 - 26^\circ$) do tríceps entre os participantes do estudo. Quando comparados os indivíduos altamente treinados com os demais, foi observado que os Fisiculturistas possuíam maior ângulo de penação (cabeça longa, $33 \pm 16^\circ$; cabeça medial, $19 \pm 8^\circ$) e espessura muscular (46 ± 18 mm), do que os demais participantes (cabeça longa, $15 \pm 6^\circ$; cabeça medial, $11 \pm 5^\circ$; espessura, 26 ± 11 mm). Todavia, independentemente do nível de treinamento, os autores observaram que houve correlação entre a espessura do músculo e o ângulo de penação, tanto para a cabeça longa ($r = 0,88$) quanto para a cabeça medial ($r = 0,83$).

Para Kawakami, Abe e Fukunaga (1993b), o principal achado foi a inter-relação entre a espessura do músculo e o ângulo de penação, sugerindo que a hipertrofia ou a espessura muscular envolvem esse componente da arquitetura muscular. Corroborando com este estudo transversal, vários estudos com intervenções envolvendo TF observaram achados similares. Blazeovich *et al.* (2007) observaram que o ângulo de penação do vasto lateral aumentou após 10 semanas de treinamento, acompanhado do aumento da espessura muscular, independentemente

dos grupos de intervenção presente em seu estudo. Tomados em conjunto (Figura 2), os resultados encontrados possuíam uma relação de adaptação constante, de modo que um aumento de 1% no ângulo do fascículo foi associado a um aumento de 0,5% na espessura do músculo.

No estudo de Ema et al. (2013), também foi observado aumento na espessura muscular para o vasto lateral (proximal, 8,36%; distal, 9,18%), vasto medial (proximal, 10%), reto femoral (proximal, 16,1%; distal, 21,5%), e vasto intermédio (proximal, 9,94%; distal, 13,51%). Além disso, após o período de treinamento, os autores observaram correlação entre a espessura do músculo e o ângulo de penação (vasto lateral, $r = 0,45$; vasto medial, $r = 0,66$; reto femoral, $r = 0,71$; vasto intermédio, $r = 0,68$), levando os autores a concluir que existe uma relação genérica entre esses dois parâmetros, e que o músculo penado muda a sua arquitetura no processo de hipertrofia em decorrência do TF, aumentando dessa forma a capacidade de produção de força.

Figura 2 - Acompanhamento do ângulo de penação e espessura muscular ao longo de 10 semanas de treinamento, seguido de destreinamento.



Fonte: Blazevich et al. (2007)

Nesse sentido, a hipertrofia muscular pode ser acompanhada de um aumento na espessura muscular (KAWAKAMI; ABE; FUKUNAGA, 1993b), a qual pode estar relacionada com o aumento do ângulo de penação do fascículo (DAVIS *et al.*, 2020; TREZISE; BLAZEIVICH, 2019) sem, necessariamente, ser acompanhada pelo comprimento do fascículo (EMA *et al.*, 2013; KAWAKAMI *et al.*, 1995). Nesse contexto,

embora ainda exista uma vasta discussão sobre sua definição (HAUN *et al.*, 2019), a hipertrofia muscular pode ser entendida como uma expansão dos elementos contráteis e da matriz extracelular das células musculoesqueléticas (SCHOENFELD, 2010), os quais, juntamente com outros sistemas orgânicos, influenciam na produção de força muscular (SCHOENFELD *et al.*, 2021b).

No estudo de Aagaard *et al.* (2001), 11 homens foram submetidos a 14 semanas de TF, nas quais foram realizados 5 exercícios para membros inferiores, executados entre 4 a 5 séries, de 3 a 12 repetições máximas, com cargas equivalentes a cada zona de repetições estabelecidas. Para o estudo, foram coletadas informações sobre o ângulo de penação e biópsia do vasto lateral, torque isométrico máximo dos flexores do joelho, e histoquímica miofibrilar para identificação e cálculo da AST dos diferentes tipos de fibras. Como principais descobertas, os autores elencaram que houve aumento de 18,4% na AST das fibras do tipo II, e que isso proporcionou o aumento de 35,5% no ângulo de penação dos fascículos. Esses resultados podem ter auxiliado no aumento de 10,2% e 10,3% na AST e volume muscular do quadríceps, respectivamente, os quais tomados em conjunto contribuíram para o aumento de 16% na capacidade de produção de força máxima.

Frente a isso, os autores concluíram que a morfologia, a arquitetura e a capacidade contrátil do músculo estão inter-relacionadas, que essa interação parece incluir as respostas de adaptação específicas evocadas pelo TF, e que propiciam a hipertrofia muscular e a produção de força (AAGAARD *et al.*, 2001). Várias revisões têm abordado a temática sobre hipertrofia, que podem contribuir para um melhor conhecimento sobre este assunto (HORNSBY *et al.*, 2018; REFALO *et al.*, 2021; SCHOENFELD, 2010). Entretanto, vale a pena destacar que a produção da força muscular e suas manifestações estão para além da hipertrofia muscular (LOENNEKE *et al.*, 2019; TABER *et al.*, 2019). Nesse cenário os mecanismos neurais surgem como grandes contribuintes para produção de força, todavia, essas discussões estão para além desta revisão de literatura (CARROLL; RIEK; CARSON, 2001).

Como pôde ser percebido, mudanças na arquitetura muscular são importantes e contribuem para o desenvolvimento da força. Narici *et al.* (1989) já haviam relatado que aumento de 40% na AST influenciava na produção de força, mas que os outros 60% estavam relacionados ao aumento do *drive* neural e mudanças na arquitetura muscular. Trezise e Blazevich (2019) observaram isso ao investigar os determinantes anatômicos e neuromusculares nas alterações da força muscular, sendo o torque

isométrico dos extensores do joelho melhor explicado pela combinação da AST e ângulo de penação do vasto lateral, e o torque concêntrico e excêntrico melhor explicados pela combinação da AST do vasto lateral ou quadríceps, ângulo de penação do vasto intermédio, além da ativação eletromiográfica do quadríceps.

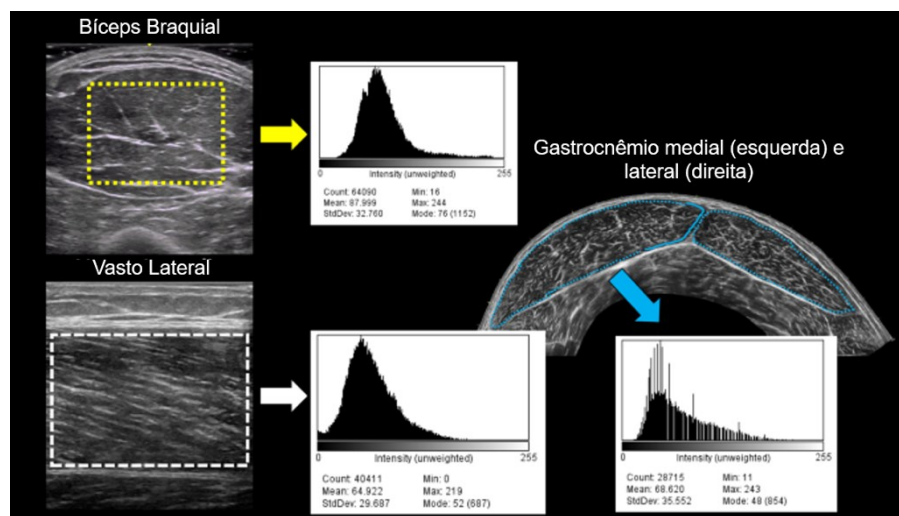
Além da arquitetura muscular, outra característica que tem sido bastante avaliada é a qualidade muscular, por intermédio da intensidade do eco. Essa avaliação foi impulsionada pelas alterações musculares provenientes do envelhecimento, nas quais o tecido contrátil pode ser substituído por tecido fibroso e adiposo, diminuindo assim a qualidade muscular (HAUN *et al.*, 2019). Essa avaliação quantifica a intensidade média de *pixel* em uma região de interesse definida, a qual varia entre preto e branco (escala de cinza) (SARTO *et al.*, 2021). Embora haja discussões sobre o tema (HAUN *et al.*, 2019; WONG *et al.*, 2020), entende-se que um aumento da intensidade do eco representaria mudanças causadas pelo aumento do tecido fibroso e adiposo, e quanto menor for a intensidade do eco (mais escura), melhor seria a qualidade muscular. Três diferentes formas de se avaliar a intensidade do eco são apresentadas na Figura 3, adaptada de Stock e Thompson (2021).

No estudo de Jajtner *et al.* (2013), os autores compararam o desempenho e a arquitetura muscular de atletas femininas de futebol, durante a temporada da *National Collegiate Athletic Association Division*. Os autores observaram várias melhorias entre as variáveis avaliadas e observaram uma diminuição da intensidade do eco no reto femoral das atletas, quando comparado os valores pré ($65,57 \pm 1,50$ ua) e pós-temporada ($61,26 \pm 1,59$ ua). Para os autores a melhora da qualidade muscular pode ter sido em decorrência do TF empregado durante a temporada, que consistiu de diferentes exercícios executados em 3 séries de 4 – 6 repetições. Jajtner *et al.* (2013) especularam ainda, que a ativação do reto femoral para maximizar os movimentos explosivos ao chutar a bola poderia ter contribuído para a melhora da qualidade muscular.

Cadore *et al.* (2014) observaram melhoras na intensidade do eco, após 6 semanas de TF com ênfase na fase concêntrica ou excêntrica do movimento. Vinte e dois participantes, de ambos os sexos, foram submetidos a um dos dois tipos de treinamento, executados de 3 a 5 séries, entre 10 a 12 repetições, a 60°s^{-1} . Após a intervenção, ambos os grupos de treinamento melhoraram a qualidade muscular do vasto lateral, com redução de 6% e 8,8% na intensidade do eco, para o TF concêntrico e excêntrico, respectivamente. Além disso, as mudanças relativas na qualidade

muscular se correlacionaram negativamente com as mudanças relativas individuais correspondentes ao pico de torque concêntrico ($r = -0,68$) e excêntrico ($r = -0,68$). Para os autores, a grande demanda metabólica dos treinamentos pode ter influenciado na melhora da qualidade muscular.

Figura 3 - Exemplo de imagens de ultrassom modo B do bíceps braquial, vasto lateral e gastrocnêmio. A imagem do vasto lateral foi obtida no plano sagital, enquanto a função panorâmica foi utilizada para o bíceps braquial e o gastrocnêmio medial e lateral. Os quadrados (imagens da esquerda) e o polígono (gastrocnêmio) demonstram as regiões de interesse selecionadas para a análise de intensidade do eco.



Fonte: Stock e Thompson (2021)

Em resumo, o TF é capaz de prover alterações na estrutura muscular (EMA *et al.*, 2016; MIRZAYEV, 2017; SARTO *et al.*, 2021), e isso influencia na capacidade de produção de força, potência e resistência muscular (FOLLAND; WILLIAMS, 2007; SCHOENFELD *et al.*, 2021b; SUCHOMEL *et al.*, 2018). Para fins de condicionamento e no esporte, vários exercícios exigem diferentes ações como correr, pular e arremessar, ou seja, desempenhar tarefas que exigem diferentes manifestações da força, as quais são passíveis de treinamento, como por exemplo, por intermédio da prática do TF (SUCHOMEL; NIMPHIUS; STONE, 2016; TRAVIS *et al.*, 2020). Assim, é a partir desse ciclo de treinamento e adaptações, que alterações crônicas ocorrem na musculatura e podem ser avaliadas como produto da especificidade do treinamento (SARTO *et al.*, 2021).

2.1.2 Treinamento Funcional de Alta Intensidade

2.1.2.1 *Comparação entre o Treinamento Funcional de Alta Intensidade e Treinamento de Força*

O TFAI é um método de treinamento que incorpora muitos princípios amplamente difundidos no Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (TIAI) (BROWNE *et al.*, 2020). Contudo, o TFAI vai além das sessões curtas de atividade vigorosa, intercaladas por períodos de descanso ou exercícios de baixa intensidade para recuperação (FEITO *et al.*, 2018). Esse método de treinamento incorpora uma variedade de movimentos funcionais multiarticulares realizados em alta intensidade projetados para melhorar os parâmetros de aptidão física geral (resistência cardiovascular, força e composição corporal) e desempenho (agilidade, velocidade, potência, por exemplo) (BEN-ZEEV *et al.*, 2020).

As abordagens do TFAI enfatizam movimentos como levantar, empurrar, saltar, puxar, arremessar, além de movimentos de locomoção que familiariza o corpo com o ambiente operacional (HADDOCK *et al.*, 2016). Os exercícios são executados em alta intensidade, que requerem padrões universais de recrutamento motor em múltiplos planos de movimentos, tornando-os úteis em espaços de condicionamento onde equipamentos tradicionais podem não estar disponíveis (FEITO *et al.*, 2018; HADDOCK *et al.*, 2016).

Com o avanço de estudos envolvendo essa modalidade de treinamento, revisões narrativas, sistemáticas e algumas envolvendo metanálise têm sido realizadas. Essas revisões envolvem diferentes aspectos como produção do conhecimento e análise de conteúdo (FEITO; BROWN; OLMOS, 2019), prevalência de lesões (BARRANCO-RUIZ *et al.*, 2020), segurança no treinamento (TIBANA; SOUSA, 2018), efeitos sobre a composição corporal (CLAUDINO *et al.*, 2018) e, recentemente, efeitos sobre as funções motoras (WILKE; MOHR, 2020).

O estudo realizado por Wilke e Mohr (2020) foi a primeira revisão sistemática com metanálise, que se propôs avaliar os efeitos crônicos do método de TFAI com os métodos clássicos de treinamento, sobre a resistência aeróbia, força muscular e equilíbrio. Os autores identificaram 16 estudos na literatura, que atenderam aos critérios de inclusão, dos quais quatro compararam o TFAI com o TIAI, sete

compararam o TFAI com o Treinamento Aeróbio (TA), e dez estudos compararam o TFAI com a ausência de intervenção, ou seja, um grupo controle clássico que não foi exposto a nenhum método de treinamento. Infelizmente, os autores relataram não ter encontrado nenhum estudo que comparasse o TFAI e o TF ou, TFAI e Treinamento de Equilíbrio.

Em resumo, Wilke e Mohr (2020) observaram que o TFAI teve um efeito pequeno sobre a resistência aeróbia, e um efeito moderado sobre a força muscular, quando comparado ao grupo de indivíduos que não foi exposto a nenhum método de treinamento. Além disso, não foi observada diferença nos ganhos de resistência aeróbia quando comparado o TFAI e o TA, assim como, para o TFAI e o TIAI. Ao final do estudo, os autores afirmaram que o TFAI representa um método eficiente para melhorar a força muscular e a resistência aeróbia, mas alertaram que estudos precisam ser realizados comparando o TFAI e o TF, bem como amostras envolvendo homens, pois, dos estudos presentes na revisão, as amostras eram compostas apenas por mulheres ou grupos mistos com ambos os sexos.

Embora exista escassez de estudos comparando os efeitos do TFAI e TF, a revisão Wilke e Mohr (2020), por diferentes motivos, não incluiu três estudos (BARFIELD; ANDERSON, 2014; ÖZBAY, 2019; SOBRERO *et al.*, 2017) publicados em anos prévios a concepção da revisão, bem como, estudos disponíveis posteriormente a publicação da revisão (CHUKHLANTSEVA; CHEREDNYCHENKO; KEMKINA, 2020; MCWEENY *et al.*, 2020). Assim, a fim de acrescentar informações à literatura existente, por meio da apresentação das variáveis de desfecho de interesse que envolvem esse estudo, ou seja, força e potência muscular dos membros inferiores, esses estudos serão abordados a seguir. Um resumo deles pode ser observado na tabela 1.

O estudo de Barfield e Anderson (2014) objetivou avaliar os efeitos do TFAI e TF sobre diferentes componentes da aptidão física, dentre eles a potência muscular. Os autores recrutaram 50 homens universitários ativos, os quais foram recrutados em cursos de levantamento de peso olímpico e CrossFit®, que praticavam diferentes tipos de atividades, e os alocaram em dois grupos: TFAI ou TF. Os participantes foram submetidos a 12 semanas de treinamento com duas sessões semanais, nas quais os participantes do grupo TFAI realizaram sessões de CrossFit®, e o grupo de TF realizou um programa de treinamento com periodização linear.

Das avaliações para os membros inferiores, o salto vertical foi realizado para avaliar a potência dos membros inferiores. Todavia, os autores não descreveram ou relataram o protocolo e o tipo de salto executado. Após o período de intervenção, ao comparar os valores pré e pós intervenção, os autores não observaram mudança intragrupo, bem como, não houve diferença entre os grupos de treinamento. Barfield e Anderson (2014), infelizmente, não discutiram ou apresentaram os possíveis fatores que contribuíram para esse resultado, assim como, não descreveram com maiores detalhes as sessões de treinamento, a fim de proporcionar inferências sobre o que foi treinado e os resultados do salto vertical.

No estudo realizado por Sobrero et al. (2017), os autores objetivaram avaliar os efeitos do TFAI sobre a aptidão física, e comparar esses efeitos com aqueles alcançados por intermédio do TF. Dezenove mulheres, recreacionalmente ativas, foram recrutadas e alocadas no grupo de TFAI ou grupo de TF. As participantes do TFAI realizaram sessões de treinamento baseado no CrossFit®, enquanto as demais participantes realizaram o TF em circuito, sendo todos os grupos submetidos a 6 semanas de intervenção com 3 sessões semanais. Todas foram avaliadas quanto a diferentes aspectos, contudo, em relação aos membros inferiores, foi realizada a avaliação do salto com contramovimento.

Como resultado, os autores não apresentaram os valores de média e desvio padrão, mas, relataram que houve melhora na altura do salto com contramovimento para ambos os grupos, e que essa melhora não diferiu entre eles. Esse resultado foi atribuído a inserção de exercícios para os membros inferiores em ambos os grupos de intervenção, bem como, a prática de exercícios pliométricos no grupo de TFAI. Conjuntamente, os resultados levaram os autores a concluir que ambos os métodos de treinamento podem prover efeitos similares, mas que esses resultados não são transferíveis para outras populações como indivíduos treinados ou outros praticantes envolvidos em treinamentos específicos com demandas neuromusculares consistentes.

Özbay (2019) publicou um estudo com o objetivo de comparar o TFAI e TF sobre diferentes manifestações da força muscular. O autor recrutou 28 homens recreacionalmente ativos e alocou-os no grupo de TFAI ou grupo de TF. O programa de treinamento teve duração de 16 semanas com 3 sessões semanais. O grupo de TFAI executou um treinamento conhecido como “Cindy” no CrossFit®, o qual consiste em realizar o maior número de *rounds* possíveis em 20 minutos, em um circuito de

três exercícios: apoio, barra fixa e agachamento, os quais foram executados em 10, 5 e 15 repetições, respectivamente.

Para o grupo de TF foram executados os exercícios: supino reto, puxada, *leg press*, flexão de joelho e extensão de cotovelo, os quais foram executados a 70% de 1RM, em 3 séries com repetições até a falha concêntrica. Teste de 1RM no agachamento foi utilizado para avaliar os membros inferiores e foi observado ganhos de 7,98% na carga máxima para os participantes do TFAI, e de 7,83% para os participantes do TF. Similarmente, McWeeny et al. (2020) observaram ganhos na carga máxima para o agachamento, em ambos os grupos de TFAI e TF, após submeter homens e mulheres a 6 semanas de treinamento.

Nesse estudo, McWeeny et al. (2020) recrutaram pessoas recreacionalmente ativas e alocaram-nas em três grupos: TFAI, TF e Treinamento livre. Esse último grupo não possuía um programa de treinamento, mas foi solicitado a praticar o mínimo de atividades aeróbias e de força durante as 6 semanas de intervenção. Os autores relataram que as sessões de TFAI não foram extraídas do programa CrossFit®, mas seguiram os padrões do método de treinamento, os quais envolveram diferentes tipos de exercícios executados o mais rápido possível, em sessões que variaram de 12 a 20 minutos. Enquanto para o TF, foi adotada a periodização linear, com séries realizadas até a falha concêntrica, variando de 6 a 12 repetições, em diferentes tipos de exercícios.

Os autores avaliaram os participantes quanto ao desempenho no salto com contramovimento, carga máxima em 1RM no agachamento e extensão do joelho. Como mencionado anteriormente, o grupo de TFAI e TF aumentaram sua carga máxima no agachamento, sem melhora significativa para o grupo de Treinamento livre, assim como, melhoraram a carga máxima para a extensão do joelho, sendo uma maior magnitude observada para os praticantes de TF. Em contrapartida, para o desempenho no salto vertical não foram observadas melhorias para o grupo de TFAI e TF, sendo observado aumento significativo na altura do salto, apenas para o grupo de Treinamento Livre.

No estudo recente, realizado por Chukhlantseva, Cherednychenko e Kemkina (2020), foi avaliada a influência do TFAI e TF nos indicadores de aptidão física de mulheres entre 25 e 35 anos. Os autores recrutaram 36 mulheres e alocaram-nas no grupo de TFAI ou grupo de TF, e submeteram-nas a 24 semanas de intervenção, com 3 sessões semanais. Dentre os estudos supracitados, o estudo de Chukhlantseva,

Cherednychenko e Kemkina, (2020) é o que contém a descrição mais detalhada sobre o programa de treinamento realizado por cada grupo.

Em resumo, ambos os grupos tiveram 3 mesociclos com objetivos diferentes. No primeiro mesociclo foi dada ênfase na técnica e estímulo à prática do treinamento; no segundo mesociclo foram inseridos exercícios mais complexos e aprimoramento da técnica e; o terceiro mesociclo foi dedicado a manutenção dos ganhos e melhora dos indicadores relacionados à saúde. Para cada um desses mesociclos os autores apresentaram o volume e a intensidade prescrita, bem como, as estratégias utilizadas. Vale destacar que, assim como no estudo de McWeeny et al. (2020), os autores não utilizaram sessões de treinamento comuns do CrossFit® e, como os demais estudos, o TF seguiu uma periodização linear.

Dentre as avaliações realizadas, Chukhlantseva, Cherednychenko e Kemkina (2020) avaliaram o desempenho no salto vertical, e observaram aumento na altura do salto de 18,99% para as praticantes que realizaram o TFAI, e de 3,09% para aquelas que realizaram o TF. Os autores relataram que houve diferença entre os grupos, no qual o TFAI apresentou maiores ganhos comparado ao TF, todavia, também relataram que esse resultado era esperado, uma vez que exercícios pliométricos foram adicionados nas quatro últimas semanas de treinamento para o grupo de TFAI, e que isso influenciou na melhora do desempenho do salto vertical para as participantes desse grupo.

Em resumo, dos estudos crônicos que compararam os efeitos do TFAI e TF, dois não observaram ganhos no desempenho do salto vertical, um estudo observou ganhos para ambos os métodos de treinamento, sem diferença entre eles, e um estudo observou que o TFAI proporcionou maiores ganhos que o TF. Em relação a força muscular, dois estudos avaliaram a carga máxima no agachamento, os quais não observaram diferença entre os grupos, assim como a carga máxima dos extensores do joelho, que foi avaliada por um único estudo e não observou diferença entre os métodos de treinamento, mas observou maiores ganhos de carga após a intervenção com TF.

Quanto ao nível de condicionamento dos participantes envolvidos nos estudos, poucas pesquisas têm avaliado e comparado a força e a potência muscular de praticantes experientes em TFAI e TF. Nesse cenário, encontra-se o estudo de Sousa et al. (2016) cujo objetivo foi comparar diferentes capacidades físicas de praticantes com um ano de experiência em TFAI e TF. Assim como o presente estudo,

Sousa et al. (2016) basearam sua pesquisa na perspectiva da existência de um suposto efeito de interferência no TFAI quando comparado ao TF. Assim, os autores realizaram diferentes avaliações, sendo uma delas o desempenho no salto com contramovimento, e não observaram diferença estatística entre os dois métodos de treinamento.

Os autores relataram que a ausência de diferença estatística entre os métodos foi uma surpresa, mas relataram que em termos de magnitude, os praticantes de TFAI tiveram um desempenho no salto 14% maior que os praticantes de TF. Ao final do estudo, Sousa et al. (2016) concluíram que praticantes de TFAI parecem ter maior condicionamento cardiorrespiratório que praticantes de TF, mas que em termos neuromusculares, mais estudos precisam ser realizados a fim de confirmar os resultados encontrados.

Recentemente, alguns estudos foram adicionados à literatura. No estudo de Hollerbach et al., (2021) foram investigados os efeitos do TFAI e do TF em diferentes componentes de aptidão física, dentre eles a potência muscular de membros inferiores. Os autores recrutaram homens e mulheres que se matricularam em turmas de condicionamento físico na universidade de Midwestern, sendo 49 participantes para o grupo que realizou o TFAI e 36 participantes para o grupo que realizou o TF.

Após o período de intervenção, os autores observaram que não houve melhoras significativas, nem diferença entre os grupos (TFAI: 3,36%; TF: 2%) na potência de membros inferiores, avaliada por meio do salto com contramovimento. Os autores não discutem sobre quais fatores poderiam ter influenciado nesses resultados, todavia, apresentam que a responsividade e mudanças individuais devam ser analisadas em estudos futuros. No geral, os autores concluíram que, frente toda as avaliações empregadas, o TFAI e o TF são opções para melhorar a saúde física de universitários.

Diferentemente dos demais estudos apresentados, Gavanda et al. (2022) compararam o TFAI com o TF e o TA no desempenho físico de adolescentes. Os autores recrutaram 52 adolescentes, não treinados fisicamente, e dividiram em 4 grupos: TFAI, TF, TA e Grupo Controle (GC), sendo este constituído de adolescentes que realizaram atividade física escolar. A intervenção teve duração de 6 semanas, com 2 sessões semanais supervisionadas.

Para a potência de membros inferiores, avaliada por meio do salto com contramovimento, os autores observaram melhora no desempenho para todos os

grupos de treinamento (TFAI: 28,5%; TF: 38,3%; TA: 23,4%), exceto o GC. Para a força muscular foi realizado o teste de 3 repetições máximas (3RM), sendo observado melhora no desempenho desse teste para os grupos de TF (22,2%) e TFAI (34,3%). Contudo, é importante destacar que houve diferença significativa nas medidas pré-intervenção entre esses grupos (TF:66,1kg; TFAI: 45,6kg). Para os autores, o aumento na altura do salto está relacionado com ganhos de força nos membros inferiores para o grupo de TF e, inserção de exercícios de potência muscular para o grupo de TFAI.

O estudo realizado por Costa, Feye e Magallanes (2021) avaliou os efeitos do TFAI e do TF em diferentes manifestações da força muscular. Para o estudo, foram recrutados 14 adultos jovens, de ambos os sexos (6 mulheres e 8 homens), experientes em TF, há pelo menos dois anos. Foi aplicada uma intervenção supervisionada de 8 semanas, com 3 sessões semanais, e volume equalizado – da parte principal de treinamento em torno de 19 minutos – entre os treinamentos.

Ambos os grupos de treinamento obtiveram melhora no desempenho do teste de 1RM para o agachamento costas (TF: 7,63%; TFAI: 3,73%) e levantamento terra (TF: 5,72%; TFAI: 4,78%), sem diferença significativa entre eles. Similarmente, para a potência, foi observada melhora na altura do salto para ambos os grupos (TF: 8,02%; TFAI: 10,35%), sem diferença entre eles. A maior magnitude nos ganhos de força para os participantes submetidos ao TF pode ter sido em decorrência da maior familiaridade com os exercícios. Enquanto que para o salto vertical, a inserção de exercícios que mimetizam esse gesto motor pode ser um dos possíveis fatores explicativos.

Tabela 1 - Características gerais dos estudos longitudinais comparando o Treinamento Funcional de Alta Intensidade (TFAI) e o Treinamento de Força (TF).

(continua)

Autor (Ano)	Grupo (n)	Sexo Idade	Nível de treinamento	Período de Intervenção; Frequência Semanal	Teste de Força e Potência muscular	Resultado
Barfield; Anderson (2014)	TFAI (n = 25) TF (n = 25)	Homens TFAI: 22 ± 3 anos TF: 20 ± 2 anos	Ativo	12 semanas; 2 vezes	Salto vertical [#]	Não houve mudança na altura do salto TFAI: 0% TF: 0%
Chukhlantseva; Cherednychenko; Kemkina, 2020	TFAI (n = 18) TF (n = 18)	Mulheres TFAI: 29,97 ± 3,53 anos TF: 29,46 ± 2,97 anos	Não relatado	24 semanas; 3 vezes	Salto vertical [#]	Houve melhora na altura do salto no tempo, e diferença entre os grupos após a intervenção TFAI: 18,99% TF: 3,09%
Costa; Feye; Magallanes (2021)	TFAI (n = 7) TF (n = 7)	Homens e Mulheres TFAI: 24,9 ± 1,6 anos TF: 28,7 ± 4,6 anos	Treinados em força pelo menos 1 ano	8 semanas 3 vezes	1RM agachamento 1RM levantamento terra Salto agachado	Houve melhora no tempo, mas sem diferença entre os grupos após a intervenção 1RM agachamento TFAI: 3,73%; TF: 7,63 1RM levantamento terra TFAI: 4,78%; TF: 5,72% Salto agachado TFAI: 10,35%; TF: 8,02%
Gavanda et al. (2022)	TFAI (n = 17) TF (n = 14) TA (n = 13) GC (n = 8)	Homens e Mulheres TFAI: 17,2 ± 1,1 anos TF: 17,5 ± 1 anos TA: 16,9 ± 0,8 anos GC: 17,9 ± 0,8 anos	-	6 semanas; 2 vezes	3RM agachamento Salto com contramovimento	Apenas os grupos de treinamento melhoraram significativamente no tempo, sem diferença entre eles TFAI: 28,5%; TF: 38,3%; TA: 23,4%; GC: 7,4% Apenas o TFAI e TF melhoraram significativamente o desempenho do teste de 3RM TFAI: 34,3%; TF: 22,2%; TA: 9,2%; GC: 5,9%

Tabela 1 - Características gerais dos estudos longitudinais comparando o Treinamento Funcional de Alta Intensidade (TFAI) e o Treinamento de Força (TF).

(conclusão)

Autor (Ano)	Grupo (n)	Sexo Idade	Nível de treinamento	Período de Intervenção; Frequência Semanal	Teste de Força e Potência muscular	Resultado
Hollerbach et al. (2021)	TFAI (n = 49) TF (n = 36)	Homens e Mulheres TFAI: 21,7 ± 3 anos TF: 22,3 ± 3,9 anos	-	8 semanas 2 vezes	Salto com contramovimento	Não houve diferença entre os grupos e não houve melhora significativa na altura do salto TFAI: 3,36%; TF: 2%
McWeeny et al. (2020)	TFAI (n = 10) TF (n = 10) Atividade livre (n = 10)	Homens e Mulheres TFAI: 24,5 ± 1 anos TF: 23,5 ± 1,1 anos Atividade livre: 21,6 ± 0,8 anos	Ativos	6 semanas; 4 vezes	1RM agachamento 1RM extensão do joelho Salto com contramovimento	Houve melhora no tempo, mas sem diferença entre os grupos após a intervenção* 1RM agachamento TFAI: 15,55%; TF: 13,47%; Atividade Livre: 10,65% 1RM extensão de joelho TFAI: 21,26%; TF: 27,54%; Atividade Livre: 9,71% Altura do salto aumentou significativamente apenas para o grupo de Atividade livre: 9,20%; TFAI: -0,6%; TF: 5,96%
Özbay (2019)	TFAI (n = 14) TF (n = 14)	Homens TFAI: 20,8 ± 2 anos TF: 19,7 ± 1,8 anos	Ativos	16 semanas; 3 vezes	1RM agachamento	Houve melhora no tempo, mas sem diferença entre os grupos após a intervenção 1RM agachamento TFAI: 7,98% TF: 7,83%
Sobrero et al. (2017)	TFAI (n = 8) TF circuito (n = 11)	Mulheres TFAI: 27 ± 7,3 anos TF circuito: 26,3 ± 9,6 anos	Ativas	6 semanas; 3 vezes	Salto com contramovimento	Houve aumento na altura do salto*

Fonte: elaborado pelo autor

Legenda: *Autores não apresentaram resultados pré e pós-intervenção; # autores não especificaram o tipo de salto vertical.

2.1.2.2 CrossFit®

Criado em 1995 por Greg Glassman, o CrossFit® é um programa de treinamento funcional que buscou seus fundamentos no TF e no TFAI, para desenvolver a aptidão geral de seus praticantes (BARBIERI *et al.*, 2020). Em decorrência dessa busca e seu caráter funcional, atualmente, o CrossFit® é entendido como um programa de treinamento derivado do TFAI, o qual, segundo Feito *et al.* (2018), é definido como um estilo de treinamento [ou programa] que incorpora movimentos multimodais funcionais, realizados em intensidade alta, e projetado para melhorar os parâmetros de aptidão física geral e desempenho.

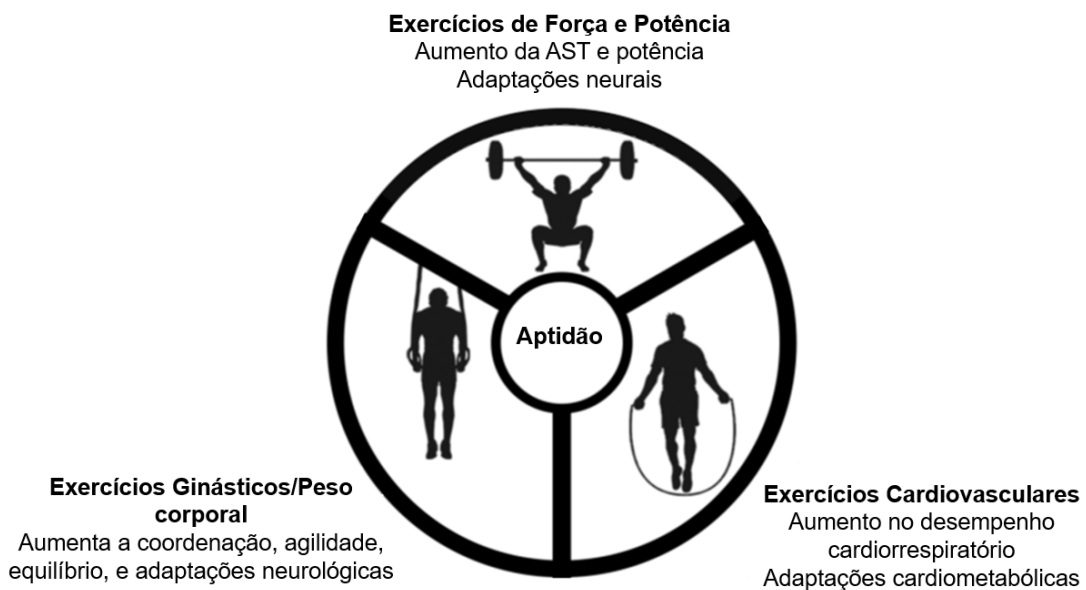
Esse método de treinamento é apreciado por muitos adeptos recreacionais, pessoas com vários níveis de aptidão física, experiência de treinamento, idade, estilo de vida (THOMPSON, 2017) e, mais recentemente, passou a existir como uma modalidade esportiva (MANGINE *et al.*, 2020b). O CrossFit® começou como um programa de exercícios para melhorar a aptidão física e cresceu exponencialmente de 49 academias afiliadas em 2005, para mais de 13.000 academias atualmente (DEXHEIMER *et al.*, 2019). Uma característica marcante de seu programa é a alta intensidade de seus treinos, a execução de um grande número de movimentos variados e diferentes expressões de aptidão física, as quais enfatizam, preferencialmente, a força e a resistência aeróbia (GÓMEZ-LANDERO; FRÍAS-MENACHO, 2020).

Assim, o CrossFit® combina diferentes "tarefas" (Figura 4), como levantamento de peso, ginástica e modalidades de exercícios tradicionais do TA (GÓMEZ-LANDERO; FRÍAS-MENACHO, 2020; MARTÍNEZ-GÓMEZ *et al.*, 2019). Essas tarefas são combinadas de maneira específica para cada um dos diferentes tipos de sessões de treino, que são conhecidas como "Treino do Dia" (*Workout of the Day* - WOD) (MARTÍNEZ-GÓMEZ *et al.*, 2020).

A principal unidade de treinamento é o WOD (GÓMEZ-LANDERO; FRÍAS-MENACHO, 2020), no qual costuma-se misturar exercícios aeróbios e anaeróbios com movimentos de alta complexidade técnica realizados em condições de fadiga cardiovascular e muscular (SCHLEGEL, 2020). Essa característica contrasta com os princípios do treinamento tradicional, que promovem a execução de movimentos de força multiarticulares primeiro, para maximizar a carga e preservar a técnica (GÓMEZ-LANDERO; FRÍAS-MENACHO, 2020). Em questões metabólicas, sabe-se que há contribuições do metabolismo anaeróbio e aeróbio na liberação de energia durante o

exercício (JABBOUR; IANCU; PAULIN, 2015), e que o volume e a intensidade podem ser determinantes na predominância do metabolismo (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013). Em decorrência de sua natureza, acredita-se que dependendo do tipo de WOD (MARTÍNEZ-GÓMEZ *et al.*, 2020) no CrossFit®, tanto o metabolismo aeróbio quanto o anaeróbio são massivamente utilizados (CARREKER; GROSICKI, 2020)

Figura 4 - Agrupamento dos diferentes tipos de exercícios que compõem o CrossFit®.



Fonte: Tibana et al. (2018)

Em termos de modalidade esportiva, várias competições de CrossFit® ocorrem ao longo do ano nos níveis local, regional, nacional e internacional. O CrossFit® foi anunciado como modalidade esportiva em 2007 e teve patrocínio da Reebok por um longo tempo, porém, atualmente é patrocinado pela NoBull. A competição final é conhecida como CrossFit *Games* e seus vencedores recebem o título de “Mais Aptos na Terra” (MANGINE *et al.*, 2020b). Os atletas podem se classificar para os Jogos por intermédio do CrossFit *Open*, que é um qualificador *on-line* internacional, constituído de 5 semanas de competição, em que os atletas têm quatro dias para completar os treinos de cada semana em suas instalações normais de treinamento, e enviar sua melhor pontuação, que foi certificada por um árbitro oficial ou gravada em vídeo (DEXHEIMER *et al.*, 2019; MANGINE *et al.*, 2020b).

Em decorrência da sua popularidade, estudos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de avaliar seus efeitos crônicos ou agudos (MANGINE *et al.*, 2020a; SOUSA *et al.*, 2016), em contexto de saúde (FEITO *et al.*, 2019; HEINRICH *et al.*, 2015) ou desempenho esportivo (GÓMEZ-LANDERO; FRÍAS-MENACHO, 2020; MARTÍNEZ-GÓMEZ *et al.*, 2020; SCHLEGEL; REŽNÝ; FIALOVÁ, 2020), os quais têm dado origem a diferentes teorias (SCHLEGEL, 2020), preocupações quanto ao planejamento de treino (TIBANA *et al.*, 2019), segurança e prevenção de lesões (BARRANCO-RUIZ *et al.*, 2020; MEYER; MORRISON; ZUNIGA, 2017).

Embora haja uma vasta literatura, ainda assim, alguns aspectos precisam ser mais explorados como respostas hormonais e de monitoramento de biomarcadores de inflamação e estresse oxidativo (JACOB *et al.*, 2020), alimentação e dieta (SANTOS QUARESMA; GUAZZELLI MARQUES; NAKAMOTO, 2021), e adaptações a longo prazo nos aspectos neuromusculares e aeróbios (WILKE; MOHR, 2020). Para avaliar os efeitos crônicos (COSGROVE; CRAWFORD; HEINRICH, 2019; FAELLI *et al.*, 2020; MANGINE *et al.*, 2020b), alguns estudos têm recorrido a indivíduos treinados em CrossFit®, pois, esses indivíduos já conhecem o programa, a execução dos exercícios e possuem as primeiras adaptações sofridas relacionadas ao primeiro contato com algum método de treinamento físico.

Nessa perspectiva, Manginge *et al.* (2020a) recentemente sugeriram que 2 anos de treinamento podem ser mais indicados, para que praticantes de CrossFit® possam ser considerados treinados. Adicionalmente, esse foi o primeiro estudo (MANGINE *et al.*, 2020a) a avaliar a arquitetura muscular envolvendo o CrossFit®, ou seja, foi o primeiro estudo a avaliar a arquitetura muscular e praticantes de TFAI. Em resumo, os autores observaram que praticantes experientes de CrossFit® e praticantes experientes em treinamento concorrente não diferem entre si, em termos de morfologia muscular, e que mais estudos envolvendo praticantes experientes de diferentes métodos de treinamento tradicionais, como o TF e TA, devem ser realizados a fim de comparar aspectos relacionados ao desempenho físico e morfologia muscular.

2.1.3 Efeito de Interferência

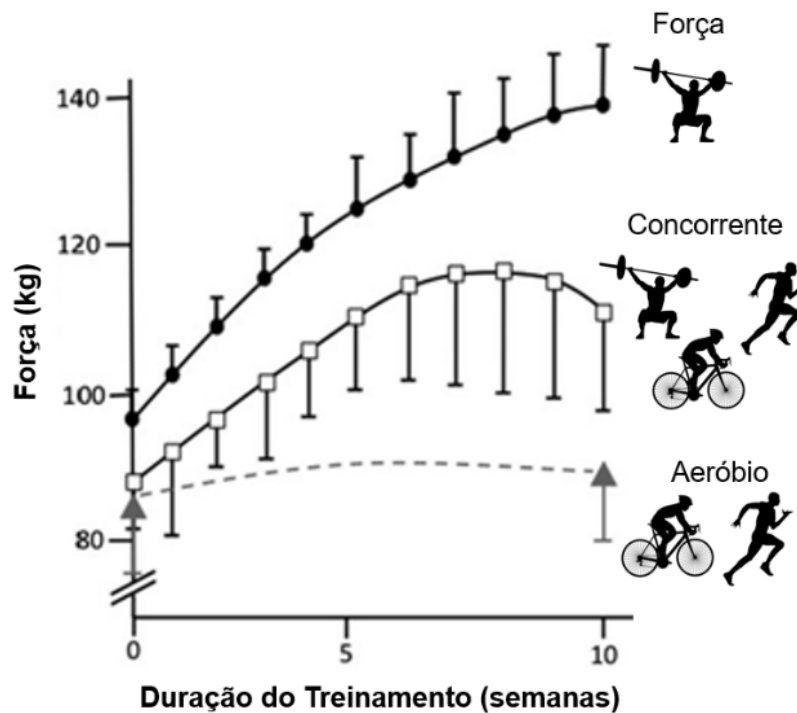
Por intermédio dos exercícios empregados no TF, as adaptações apresentadas no capítulo anterior são alcançadas, e podem contribuir para a

capacidade de produção de força muscular e suas manifestações, todavia, a magnitude dessa capacidade pode ser prejudicada por diversos fatores. Um desses fatores é a combinação de exercícios de força e aeróbios em uma mesma sessão de treinamento ou em sessões separadas. Esse tipo de combinação é característico do treinamento concorrente e (SCHUMANN; RØNNESTAD, 2019), embora não esteja no escopo desse projeto, foi por intermédio de pesquisas envolvendo esse tipo de treinamento que se observou a existência do fenômeno ou efeito de interferência (COFFEY; HAWLEY, 2017; FYFE; BISHOP; STEPTO, 2014).

As discussões sobre esse efeito começaram a partir do estudo de Robert Hickson em 1980, o qual recrutou 23 voluntários e os dividiu em três grupos de treinamento: aeróbio, força e concorrente. Todos os voluntários realizaram um programa de treinamento por 10 semanas, e foram avaliados quanto à força máxima dos membros inferiores no exercício agachamento. Como resultado, Hickson (1980) observou que houve redução significativa nos ganhos de força para membros inferiores no grupo que realizou o treinamento concorrente, em comparação ao grupo de TF (Figura 5). Esse achado levou o pesquisador a sugerir que a combinação entre exercícios de força e aeróbios inibiria ou interferiria nos ganhos de força, quando comparado a prática do TF realizado de forma isolada.

Como aplicações práticas, no final do estudo, Hickson (1980) alertou que atletas não se beneficiariam da prática combinada desses exercícios, sendo prioritário para o desenvolvimento da força e suas manifestações apenas os exercícios do TF. Contudo, nesse contexto, Nader (2006) apresentou um estudo de revisão com enfoque nos fatores contributivos para o surgimento do efeito de interferência, e apresentou uma figura clássica com diferentes classificações das modalidades esportivas (Figura 6). Para o autor, modalidades como ciclismo, corrida e natação, baseariam suas adaptações no aumento da captação de oxigênio e capacidade de priorizar o metabolismo oxidativo. Em contrapartida, modalidades como Levantamento de Peso Olímpico, *Powerlifting* e Arremesso de Peso teriam adaptações relacionadas ao aprendizado neuromuscular, sincronização do recrutamento de unidades motoras e hipertrofia.

Figura 5 - Adaptações da força muscular entre diferentes tipos de treinamento após 10 semanas de intervenção.



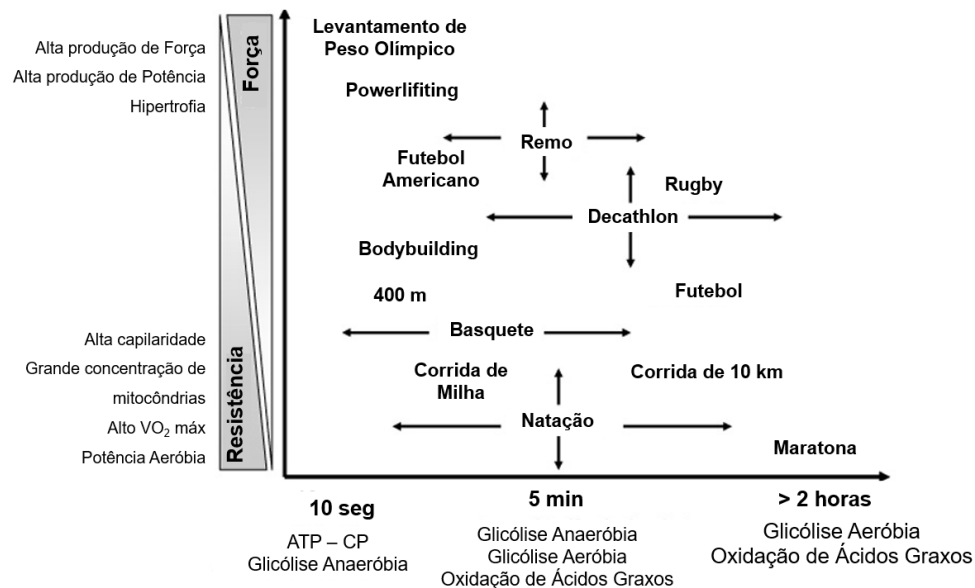
Fonte: Hickson (1980)

Dessa forma, existiriam dois extremos: modalidades versadas em força e modalidades com características de resistência cardiorrespiratória. No entanto, entre esses dois extremos, residiria um grande número de modalidades, as quais necessitariam de todas as adaptações anteriormente relatadas, e que poderiam sofrer possíveis problemas logísticos de treinamento e limitações biológicas, que prejudicariam o desenvolvimento dos atletas em sua totalidade, possivelmente em alguns casos, influenciados pelo efeito de interferência

Frente a essas discussões, várias hipóteses foram levantadas para explicar o efeito de interferência. Ao longo dos anos, revisões têm sugerido hipóteses que são agrupadas em agudas ou crônicas (BERRYMAN; MUJKA; BOSQUET, 2019; FYFE; BISHOP; STEPTO, 2014; LEVERITT *et al.*, 1999). A hipótese aguda se refere à fadiga residual induzida pelos exercícios de resistência ou aeróbicos, os quais levariam a uma capacidade reduzida de desenvolver tensão durante a execução dos exercícios de força. Para a hipótese crônica, a interferência ocorre devido às diferentes adaptações fisiológicas (por exemplo, ativação muscular, tipo de fibra muscular, hipertrofia, depleção das reservas de glicogênio) induzidas pela execução de ambos os

exercícios, principalmente quando realizados na mesma sessão ou com poucas horas de diferença entre eles (METHENITIS, 2018; PETRÉ *et al.*, 2021).

Figura 6 - Classificação das modalidades esportivas de acordo com diferentes parâmetros, segundo Nader.



Fonte: Nader (2006)

No que concerne a hipótese crônica, Leveritt *et al.* (1999) sugerem que as adaptações musculares são postas em conflito, em decorrência da combinação de diferentes tipos de exercícios, podendo ocasionar diferentes adaptações musculoesqueléticas, quando comparadas àquelas alcançadas pela prática de exercícios de um único método de treinamento. A nível molecular, postulou-se que a sinalização da adenosina monofosfato quinase (AMPK), ativada pela prática de exercícios aeróbios, inibiria a atuação da proteína alvo da rapamicina em mamíferos (mTOR), que é ativada pela prática dos exercícios que visam a força muscular (HUGHES; ELLEFSEN; BAAR, 2018). Essa ideia baseia-se principalmente na pesquisa de modelo animal realizada por Bolster *et al.* (2003), os quais injetaram um composto análogo a AMPK em ratos e observaram uma redução da síntese de proteínas, em decorrência da diminuição da ativação da mTOR.

Todavia, dois estudos questionam esses achados, pois observaram que ratos submetidos a exercícios de força com e sem a presença da atividade da AMPK não tiveram a síntese proteica prejudicada (KNUDSEN *et al.*, 2020), e em humanos, após

a prática combinada de exercícios de força e aeróbio, e a prática isolada de exercícios de força, não foi observado prejuízo nos eventos em cascata responsáveis pela síntese de proteínas (APRÓ *et al.*, 2015).

Outra vertente está relacionada ao componente neural (NADER, 2006) sustentado por estudos que observaram redução na capacidade de produzir força rápida, por meio da avaliação de salto vertical (HUNTER; DEMMENT; MILLER, 1987) e taxa de desenvolvimento de força (TDF) (HAKKINEN *et al.*, 2015). No estudo de Häkkinen *et al.* (2003) foi observado aumento da carga no teste de 1RM, torque isométrico, ativação eletromiográfica do vasto lateral, AST do quadríceps em 27 homens, submetidos à prática exclusiva de exercícios de força ou, combinação de exercícios de força e aeróbios. Entretanto, houve aumento da TDF naqueles que executaram apenas os exercícios de força, sem melhoras significativas para os demais participantes. Assim, Häkkinen *et al.* (2003) afirmaram que o efeito de interferência pode existir, mas que afeta o desenvolvimento da força rápida, possivelmente, em decorrência de uma redução na ativação neural voluntária, além da ausência de um treinamento focado no desenvolvimento da força rápida.

Por fim, outra vertente levantada como possível adaptação crônica, refere-se ao nível de treinamento dos indivíduos submetidos ao TF (BERRYMAN; MUJICA; BOSQUET, 2019). Coffey e Hawley, (2017), assim como na revisão de Fyfe e Loenneke (2018), sugeriram que o efeito de interferência é verdadeiramente observado após muitos anos de treinamento específico. Para os autores, esses indivíduos treinados necessitariam de cargas de treinamento maiores e, principalmente, mais específicas para aumentar a resposta de adaptação, o que poderia tornar esses indivíduos mais vulneráveis ao efeito de interferência, não somente após a combinação dos exercícios de força e aeróbios, mas a combinação de diferentes tipos de atividades, as quais poderia favorecer o surgimento desse efeito.

Esse contexto apresentado até o presente momento foi o cenário de fundo para o questionamento levantado por Schlegel (2020). Para esse autor, o TFAI reúne diferentes tipos de exercícios, provenientes de diferentes métodos de treinamento, que podem levar a um possível efeito de interferência. O TFAI estimula, desenvolve e exige diferentes componentes da aptidão física e tem sido bastante utilizado atualmente, especialmente, em decorrência da prática do CrossFit® (CLAUDINO *et al.*, 2018). Isso tem levantado o interesse de pesquisadores em desenvolver estudos,

que auxiliem treinadores e profissionais do condicionamento a melhorar a preparação e treinamento de seus alunos e atletas (FEITO *et al.*, 2018; TIBANA; SOUSA, 2018).

A possível existência de um efeito de interferência foi uma hipótese levantada por Schlegel (2020), contudo, não há consenso na literatura sobre a existência desse efeito no TFAI. Previamente a Schlegel (2020), outros dois pesquisadores (FALK NETO; KENNEDY, 2019) haviam mencionado esse contexto, todavia, os autores descartaram essa hipótese por acreditarem que praticantes de TFAI não se especializam como os praticantes de outras modalidades esportivas com predominância em força ou desempenho aeróbio, sendo assim, não seriam passíveis de um suposto efeito de interferência, mas que pesquisas poderiam elucidar melhor essa hipótese.

Reunindo o que foi apresentado até o presente momento, entende-se que o efeito de interferência possui diferentes fatores etiológicos, e possivelmente pode ser observado quando exercícios de força são combinados com outros tipos de exercício. Esse efeito pode estar relacionado, principalmente, com o nível de treinamento dos praticantes, podendo ser mais pronunciado em indivíduos treinados ou altamente treinados. A prática do treinamento ao longo do tempo gera adaptações na musculatura, que podem servir como uma espécie de marcador biológico, as quais podem ser avaliadas por meio da morfologia e arquitetura muscular, por exemplo.

Por conseguinte, podemos inferir que se o efeito de interferência ocorrer no TFAI, as adaptações na musculatura podem ser diferentes daqueles cujo treinamento visa o desenvolvimento de força muscular, uma vez que o efeito de interferência influencia negativamente nas adaptações neuromusculares. Consequentemente, essas adaptações prejudicadas negativamente poderiam influenciar no desempenho físico, podendo reduzir a força e a potência muscular daqueles que praticam o TFAI em comparação aqueles que praticam TF.

2.1.4 Método

2.1.4.1 *Caracterização do estudo*

Quanto à natureza, este estudo caracteriza-se como aplicado tendo como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática (PRODANOV, 2013). Quanto aos objetivos, caracteriza-se como pesquisa explicativa, que tem como objetivo primordial a necessidade de aprofundamento da realidade, por meio da manipulação e do controle de variáveis, com o escopo de identificar qual a variável independente ou aquela que determina a causa da variável dependente do fenômeno em estudo (PRODANOV, 2013).

No que se refere aos procedimentos técnicos, trata-se de uma pesquisa do tipo experimental que, segundo Kauark, Manhães e Medeiros (2010), é caracterizada quando um objeto de estudo é determinado, as variáveis que são capazes de influenciá-lo são selecionadas, e as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto são definidas. Do ponto de vista da abordagem, trata-se de uma pesquisa quantitativa, pois considera-se que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números as opiniões e informações para classificá-las e analisá-las, requerendo assim o uso de recursos e de técnicas estatísticas (KAUARK; MANHÃES; MEDEIROS, 2010; PRODANOV, 2013)

2.1.4.2 *Participantes do Estudo*

A amostra foi composta por praticantes de TFAI, praticantes de TF e indivíduos fisicamente ativos (FA), sendo estes indivíduos utilizados como grupo controle. Todos os voluntários da pesquisa eram adultos (≥ 18 anos) do sexo masculino, recrutados a partir da divulgação da pesquisa por meio de mídias sociais, box de CrossFit® e academias de treinamento e condicionamento físico localizados em Florianópolis.

Participaram do estudo o total de 24 homens ($28,46 \pm 6,03$ anos; estatura de $162 \pm 6,73$ cm) alocados em três grupos diferentes: fisicamente ativos (FA, $n = 8$), praticantes de TFAI (TFAI, $n = 8$) e praticantes de TF (TF, $n = 8$). As características antropométricas dos participantes discriminadas por grupo são apresentadas na Tabela 2.

2.1.4.3 *Critério de inclusão*

Foram considerados elegíveis para o estudo os voluntários que tivessem experiência de treinamento de pelo menos 2 anos, com frequência semanal de pelo menos três vezes por semana para os praticantes de TFAI, ou treinassem duas vezes por semanas os membros inferiores para os praticantes do TF. Para os indivíduos FA, eles deveriam atender as classificações de ativo ou muito ativo de acordo com o questionário internacional de atividade física, e não praticar TFAI ou TF. Quanto à suplementação, os participantes selecionados poderiam fazer uso de proteína do soro do leite. Todos assinaram o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE), não apresentaram sintomas de COVID-19 na semana anterior e na semana das avaliações, e concordaram com o uso de equipamentos de proteção.

A frequência semanal, estabelecida como critério de inclusão, foi pensada a fim de garantir que os praticantes de TFAI tivessem uma semana de treinamento, com intervalos de pausa para recuperação muscular e, dessa forma, não sofressem de estresses excessivos que prejudicassem as adaptações musculares. No caso dos praticantes do TF, a frequência foi pensada nas divisões comuns presentes nos ambientes de academia, nos quais são prescritas 3 sessões diferentes de treinamento (“A”, “B” e “C”) a serem realizadas duas vezes na semana. Dessa forma, a sessão com enfoque nos membros inferiores é executada duas vezes, o que pode potencializar os ganhos na morfologia muscular dos membros inferiores.

2.1.4.4 *Critério de exclusão*

Foram excluídos aqueles com condições físicas que pudessem ser agravadas com testes de esforço, assim como aqueles com limitações osteomioarticulares, ou que faziam uso de esteroides anabolizantes. Foram excluídos atletas amadores ou competidores de TFAI e, para os praticantes de TF, foram excluídos aqueles que complementavam suas atividades com Treinamento Aeróbio, realizavam sessões de TF com objetivo de melhorar a resistência muscular localizada, ou realizavam sessões de treinamento apenas com o peso corporal ou com baixas cargas sem o objetivo de ganhos de força.

2.1.4.5 *Número de participantes*

O tamanho da amostra foi calculado levando em consideração os seguintes critérios: tamanho do efeito de 0,783; nível de significância de 0,05; poder do teste estatístico de 80%; 3 grupos, e Análise de Variância de uma via. Com os parâmetros descritos acima, foi obtido o número mínimo de 21 participantes para a pesquisa, ou seja, 7 participantes para cada grupo. O cálculo foi realizado com o auxílio do *software G*Power*[®] 3.1.9.7 (FAUL *et al.*, 2007), e o tamanho do efeito foi baseado na arquitetura muscular avaliada no estudo de Mangine *et al.* (2020a), Coratella *et al.* (2020), e Mangine *et al.* (2014).

O estudo de Coratella *et al.* (2020) apresentou informações sobre a arquitetura muscular de homens treinados em força, enquanto o estudo de Mangine *et al.* (2014) apresentou dados referentes à arquitetura muscular de homens recreacionalmente ativos, e Mangine *et al.* (2020a) apresentaram informações de arquitetura muscular de praticantes experientes em TFAI. Os músculos avaliados nos três estudos foram o Reto femoral e o Vasto lateral, logo, os dados de arquitetura desses músculos foram utilizados para o cálculo do tamanho do efeito.

2.1.4.6 *Desenho do estudo*

Os dados foram coletados no Laboratório de Biomecânica e na academia localizados no Centro de Desportos da UFSC. Em decorrência da pandemia, as janelas e portas de todos os espaços foram abertas a fim de propiciar a circulação do ar nesses ambientes, e todos os cuidados possíveis foram tomados para a segurança dos participantes e avaliadores. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da UFSC (n° 51849421.6.0000.0121).

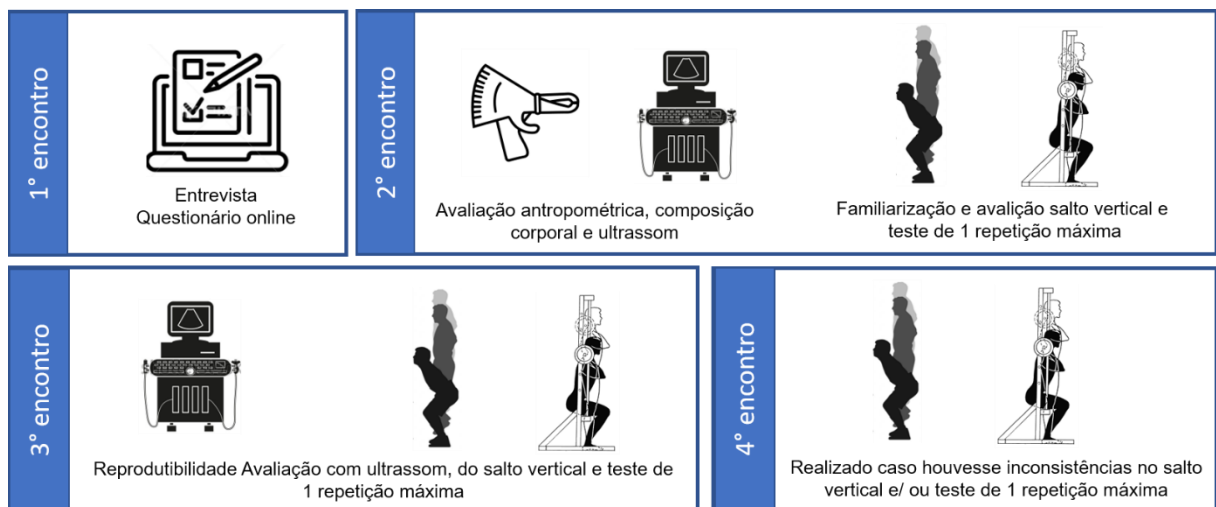
O primeiro encontro com o participante em potencial foi realizado por chamada de áudio ou vídeo a fim de explicar o projeto a ser executado. Sinalizado o aceite, o participante foi questionado sobre sua condição de saúde, e em condições favoráveis, o participante foi orientado quanto às medidas de proteção, e foram agendados os dias para as avaliações presenciais no Centro de Desportos. Além disso, foi solicitado ao participante que respondesse um questionário no ambiente virtual para caracterização da sua prática, assim como, foi solicitado que o mesmo não realizasse atividades intensas a vigorosas 48 horas antes das avaliações, não

consumisse café ou qualquer tipo de bebida estimulante, e assinasse o termo de responsabilidade disponibilizado pelo Centro de Desportos.

O segundo encontro foi presencialmente no Laboratório de Biomecânica, onde os participantes assinaram o TCLE e foram avaliados na seguinte sequência: a) antropometria e composição corporal; b) avaliação com ultrassom; c) familiarização e avaliação do salto vertical; d) familiarização e avaliação do teste de 1RM no agachamento costas.

O terceiro encontro foi realizado para reprodutibilidade da avaliação do ultrassom, salto vertical e teste de 1RM. Havendo discordância nos resultados obtidos, um quarto encontro foi agendado. Todos os encontros envolvendo as avaliações ocorreram com intervalo de pelo menos 48 horas de diferença entre eles. O resumo do desenho do estudo pode ser observado na Figura 7.

Figura 7 - Desenho do estudo.



Fonte: elaborado pelo autor

2.1.4.7 *Varáveis*

2.1.4.7.1 Variável independente

Treinamento Funcional de Alta Intensidade

Treinamento de Força

2.1.4.7.2 Variável dependente

As variáveis dependentes foram agrupadas em três grupos: variáveis de caracterização da amostra, variáveis de morfologia muscular, variáveis de desempenho.

Relacionadas à caracterização amostra:

1. Idade
2. Estatura
3. Massa corporal
4. Percentual de gordura
5. Massa livre de gordura

Relacionadas à arquitetura e qualidade muscular:

1. Espessura muscular
2. Ângulo de penação
3. Comprimento do fascículo
4. Intensidade do eco

Relacionadas à morfologia muscular:

1. Área de secção transversa
2. Volume muscular

Relacionadas ao desempenho:

1. Altura do salto
2. Pico de potência
3. Carga máxima no agachamento

2.1.4.7.3 Variável de Controle

Participantes treinados em força com inserção de no mínimo duas sessões semanais de treinamento para membros inferiores.

Participantes de Treinamento Funcional de Alta intensidade de um único tipo de programa – CrossFit®.

2.1.4.8 *Protocolo de Segurança*

Como esta pesquisa foi desenvolvida no período da pandemia, nós seguimos o disposto na portaria n° 713/2020 emitida pela Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina (RIBEIRO, 2020), que dispõe sobre as atividades dos estabelecimentos que oferecem serviços relacionados à prática regular de exercícios físicos, levando-se em consideração as condições apresentadas no Artigo 2°:

Disponibilização de álcool 70% ou preparações antissépticas ou sanitizantes de efeito similar, para higienização das mãos;

Obrigatoriedade no uso de máscaras pelos participantes e avaliadores;

Distanciamento entre os participantes e avaliadores, exceto nas avaliações de ultrassonografia e antropometria, as quais a aproximação dos avaliadores foi requerida;

Os participantes foram orientados a portar uma toalha de uso pessoal durante as avaliações;

Cada participante deveria levar seu próprio recipiente com água, que não poderia ser compartilhada com outra pessoa;

Realização da limpeza geral e a desinfecção dos ambientes de coleta no período que os procedimentos desta pesquisa foram realizados;

Os ambientes foram organizados de forma que priorizassem a ventilação natural;

Os equipamentos foram higienizados com álcool 70%;

Para a limpeza dos espaços de coleta e treinamento, foram adotados os procedimentos de acordo com a norma técnica n°47/2020 da Agência Nacional de Vigilância e Saúde (ANVISA, 2020). Adicionalmente, todos os participantes e avaliadores assinaram um termo de responsabilidade para acesso às dependências do Centro de Desportos, e só tiveram acesso aos espaços após a liberação pela coordenação do Centro de Desportos.

2.1.4.9 *Instrumento e Procedimento de Medida*

2.1.4.9.1 Questionário de caracterização

Para caracterização da amostra, foi solicitado aos participantes que respondessem um questionário no ambiente virtual (Apêndice A) e Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ versão curta) (Anexo B).

O Questionário foi criado pelo pesquisador principal com o objetivo de caracterizar uma semana típica de treinamento de cada participante referente à frequência, às horas por sessão de treinamento e à prática dos exercícios de força e aeróbios, além de algumas perguntas referentes ao acompanhamento nutricional e uso de suplementos nutricionais. No questionário também foram incluídas perguntas com o objetivo de caracterizar a intensidade que frequentemente os participantes executavam os exercícios de força e/ ou aeróbios, exclusivamente para membros inferiores.

O Questionário Internacional de Atividade Física – IPAQ foi validado para população brasileira (MATSUDO *et al.*, 2012), e em sua versão curta possui 4 perguntas divididas em “a” e “b”, as quais compreendem sobre a quantidade de dias por semana e minutos que foram realizadas atividades consideradas vigorosas ou moderadas, na última semana anterior à aplicação do questionário. Com essas informações, os participantes foram classificados quanto ao nível de atividade física de acordo com Filho *et al.* (2007).

2.1.4.9.2 Avaliação antropométrica

A mensuração da massa corporal total foi realizada com o participante em vestimenta apropriada e em posição ortostática sobre uma balança digital (Filizola®, Brasil). A estatura foi avaliada com auxílio de estadiômetro (Sanny®, Brasil) com o participante em inspiração máxima, de costas para o instrumento e com a haste posicionada sobre a cabeça.

2.1.4.9.3 Avaliação de composição corporal

Foi utilizada a equação de Petroski e Pires-Neto (1996), para o sexo masculino, com objetivo de calcular a densidade corporal (D), e a equação de Siri foi utilizada para calcular o percentual de gordura corporal (%G).

A equação de Petroski e Pires-Neto (1996):

$$D = 1,10726863 - 0,00081201 \times (X1) + 0,00000212 \times (X1)^2 - 0,00041761 \times ID \quad (1)$$

Onde: ID corresponde à idade (anos) e X1 ao somatório de dobras cutâneas subescapular, tricípital, supra ilíaca e panturrilha medial. O protocolo para avaliação das dobras cutâneas está descrito no Apêndice B, e foi executado por uma avaliadora experiente com certificação nível 2 da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK).

Equação de Siri (1993):

$$\%G = (495/ D) - 450 \quad (2)$$

Para a avaliação da massa livre de gordura (MLG), foi utilizada a equação proposta por Vanitallie et al. (1990):

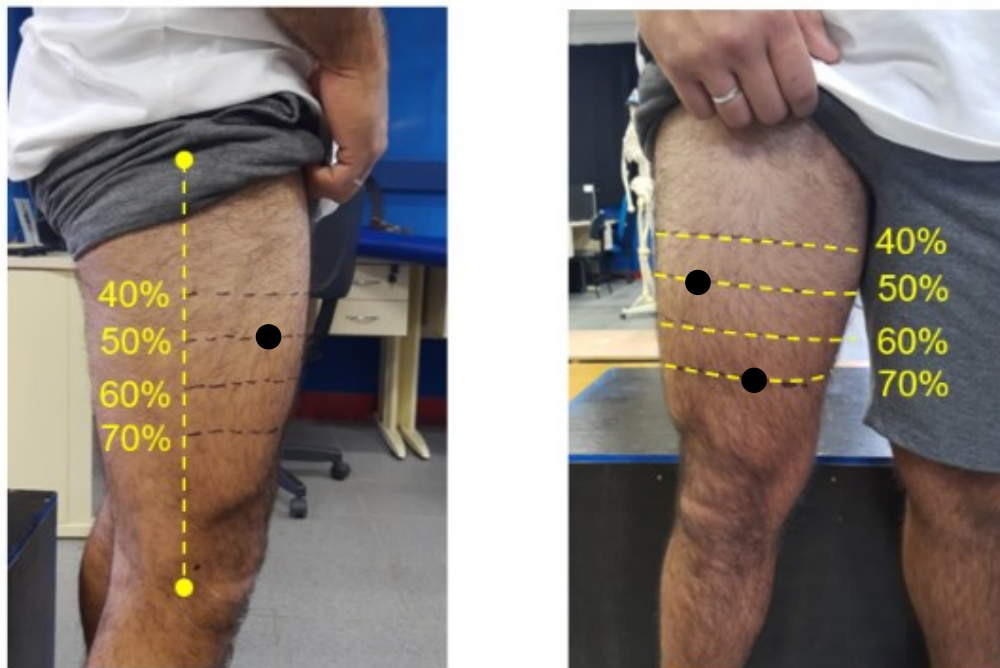
$$MLG = \text{massa corporal (kg)} \times (1 - \%G/ 100) \quad (3)$$

2.1.4.9.4 Avaliação com ultrassom

A avaliação da arquitetura, morfologia e qualidade muscular foi realizada por meio de imagens de ultrassonografia no modo B (modelo LOGIQ S7 *Expert*, *General Electric*, *GE Healthcare*, USA), no lado direito dos participantes. A calibração do instrumento e o protocolo de avaliação da área de secção transversa (AST) foi de acordo com as especificações de Lacerda et al. (2021), e para a avaliação da arquitetura e intensidade do eco foi utilizado o protocolo de Lopez, Pinto e Pinto (2019).

Em posição ortostática, foi realizada a detecção dos pontos de referência e marcação dos pontos de avaliação. Primeiramente foram identificados o trocânter maior e o epicôndilo lateral do fêmur, os quais foram demarcados e a distância entre eles foi mensurada com fita métrica. Essa distância foi compreendida como o comprimento total do fêmur. Seguindo o protocolo de Lacerda et al. (2021), as marcações dos pontos de avaliação foram a partir da extremidade proximal, sendo esses pontos a 40, 50, 60 e 70% do comprimento do fêmur, demarcados com caneta dermatográfica (Figura 8). Após esses procedimentos, o participante permaneceu deitado por 5 minutos sobre uma maca.

Figura 8 - Pontos de marcação para avaliação da área de secção transversa nos percentuais de 40 a 70% do comprimento do fêmur, realizados paralelamente à linha intercondilar. Círculos pretos identificam os pontos de avaliação da espessura muscular, ângulo de penação, comprimento do fascículo e intensidade do eco.



Fonte: elaborado pelo autor

O primeiro conjunto de imagens foi adquirido no modo de campo de visão estendido, com um transdutor linear de 50 mm e o equipamento configurado nas seguintes especificações: frequência de 10 MHz, profundidade de captura de imagem de 7 cm e ganho de 60 dB. Gel à base de água (Gel condutor incolor, RMC Gel Clínico Ltda) com quantidade suficiente foi utilizado para minimizar a compressão muscular por causa da cabeça do transdutor e melhorar a aquisição da imagem, além disso, a pressão aplicada pelo transdutor sobre a pele foi mínima a fim de não modificar as medidas analisadas (BLAZEVIK *et al.*, 2007). O transdutor foi posicionado paralelamente à linha intercondilar identificando o Vasto medial e, à velocidade constante, o transdutor foi deslocado até a parte lateral da coxa.

Para cada percentual foram registradas duas imagens, as quais foram utilizadas para identificação da AST dos músculos do quadríceps.

Para o segundo conjunto de imagens, foram realizadas aquisições no plano sagital seguindo as mesmas configurações relatadas acima. Quanto ao procedimento, primeiramente, o transdutor foi posicionado a 50% do comprimento total do fêmur, em cima do Reto femoral (RF) e, em seguida, o transdutor foi posicionado perpendicularmente a linha intercondilar. Em seguida, foram identificadas as aponeuroses superior e inferior do RF e foram adquiridas duas imagens. Nesse mesmo percentual, o transdutor foi ajustado para melhor visualização das aponeuroses superior e inferior do Vasto intermédio (VI), e também foram adquiridas duas imagens. O mesmo procedimento foi adotado para a avaliação do Vasto medial (VM) e Vasto lateral (VL), a 70% e 50% do comprimento do fêmur, respectivamente.

Essas imagens no plano sagital foram utilizadas posteriormente para análise da espessura muscular (EM), comprimento do fascículo (CF), ângulo de penação (AP) e intensidade do eco (IE).

2.1.4.9.5 Avaliação do Salto Vertical

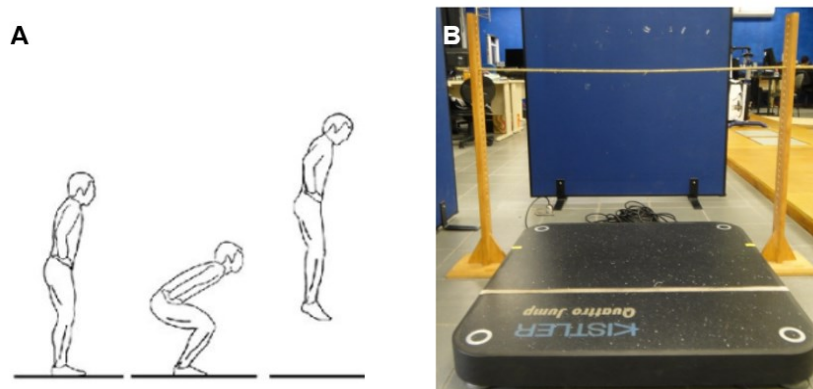
A avaliação foi realizada com auxílio de uma plataforma de força portátil, do tipo piezoelétrica (Kistler®, Quattro Jump, 9290AD, Winterthur, Switzerland), com informações adquiridas por intermédio de cabos conectados entre a plataforma e o computador, e frequência de amostragem de 500 Hz (Figura 10).

O salto vertical avaliado foi o salto com contramovimento cuja execução compreendeu: a) posição ortostática estática; b) mãos no quadril; c) flexão rápida dos joelhos e quadril; d) impulsão vertical; e) retorno do contato com a plataforma de força (NAGAHARA *et al.*, 2014). No geral, o protocolo seguiu as especificações de Detânico *et al.* (2021), no qual foi realizado um período de aquecimento e familiarização, envolvendo 3 séries de 10 saltos no solo e 5 saltos verticais com contramovimento submáximo.

Após esse período, os participantes subiram na plataforma de força e foi mensurado o ângulo de 90° da articulação do joelho com o goniômetro. Para nortear os participantes quanto essa angulação, foi posicionado um dispositivo de madeira com haste de ferro (SILVA, 2020), de forma que ao encostar nele o participante realizou o salto imediatamente (Figura 9). Durante o salto, foi solicitado aos participantes que mantivessem o tronco o mais vertical possível, sem retirar as mãos do quadril, e saltar o mais alto possível.

Foram realizadas pelo menos duas tentativas válidas com intervalo de 1 minutos entre elas, sendo considerada para análise o melhor salto dentre as tentativas válidas. Como foram realizados dois dias de avaliação, a média da melhor tentativa do dia 1 e melhor tentativa do dia 2 foi utilizada para a aquisição das medidas de altura do salto e pico de potência. De porte dessa informação, foi calculado o pico de potência ajustado caracterizado pela razão do pico de potência pela massa corporal total.

Figura 9 - Representação do salto com contramovimento (A), e instrumentos utilizados na avaliação com plataforma de força e dispositivo de madeira com haste de ferro (B).



Fonte: Nagahara et al. (2014) e Silva (2020)

2.1.4.9.6 Teste de uma repetição máxima

O protocolo do teste de uma repetição máxima (1RM) foi realizado de acordo com Vigotsky et al. (2019) e, para a segurança dos participantes, o teste foi executado na máquina *Smith (Freestyle, Righetto)* (Figura 10). Os participantes realizaram aquecimento por 5 minutos em bicicleta ergométrica com intensidade autosselecionada considerada moderada. Em seguida, o participante foi questionado quanto a maior carga utilizada no agachamento para que fosse estimado seu 1RM.

Quanto a execução do agachamento, foi utilizada a posição de “barra alta” (*High bar*), na qual a barra cruzou os ombros no trapézio, um pouco acima da face posterior dos deltoides, e os pés estavam calçados e separados na largura dos ombros. Não foram permitidos uso de cintos de levantamento de peso ou joelheiras durante o teste, contudo, calçados típicos de levantamento de peso foram permitidos.

A profundidade do agachamento foi até que a coxa do participante estivesse paralela ao chão, ou seja, foi realizado o agachamento paralelo ou *parallel squat* (BRYANTON *et al.*, 2012; ESCAMILLA, 2001) (Figura 11).

Para garantir a reprodutibilidade do teste, foi solicitado ao participante que realizasse um agachamento sem carga, dessa forma, levando-se em consideração que a coxa do participante deveria ficar paralela ao solo, a trava de segurança foi reposicionada no aparelho e o posicionamento dos pés foi demarcado com fita adesiva

Figura 10 - Representação do aparelho *Smith* para avaliação do teste de uma repetição máxima.



Fonte: elaborado pelo autor

Antes do teste, foram realizadas duas séries como aquecimento, sendo a primeira executada a 50% da carga estimada para 1RM, com total de 10 repetições e, após 2 minutos, foi realizada a segunda série a 80% da carga estimada com total de 5 repetições. Em seguida, foram realizadas as tentativas para alcançar o 1RM dos

participantes, com intervalo de 5 minutos entre elas, acompanhadas de incentivo verbal para que o participante pudesse alcançar o melhor desempenho. Após cada tentativa bem-sucedida a carga foi aumentada (ou diminuída no caso de uma tentativa malsucedida) de acordo com o que os investigadores e o participante consideraram viável. As tentativas falhas foram descartadas.

Figura 11 - Representação do agachamento paralelo, na qual a coxa é posicionada paralelamente ao chão como pode ser observado pela linha tracejada.



Fonte: Bryanton et al. (2012)

As informações do teste de 1RM foram registradas e a reprodutibilidade foi realizada com intervalo de no mínimo 48 horas. Para a reprodutibilidade, foi realizado aquecimento em bicicleta, seguido de aquecimento referente a 50% e 80% da carga alcançada no primeiro dia de teste, e a primeira tentativa foi com a carga referente a 1RM alcançada previamente. Caso fosse necessária, a carga foi aumentada ou diminuída para ajustes, porém, se observadas diferenças acima de 5% entre o primeiro e segundo teste (SOUZA *et al.*, 2020), o participante foi convidado a realizar um terceiro teste em dia diferente, com no mínimo 48 horas de intervalo.

Foi retirada uma média da maior carga no teste, entre o 1° e 2° dia de avaliação, sendo utilizado esse valor para a análise estatística.

2.1.4.9.7 Tratamento de Dados do Ultrassom

As imagens registradas foram armazenadas no computador do ultrassom e posteriormente carregadas em computador pessoal para análise. Todas as análises envolvendo essas imagens foram realizadas com auxílio do *software ImageJ* (*National Institute of Health*, EUA, versão 1.37).

Para a AST foram mensurados apenas os músculos RF e VL. No procedimento para aquisição dessa medida, foi identificado o limite de cada músculo individualmente evitando o tecido adiposo subcutâneo, e solicitado o valor da área sob o contorno no *software*, um exemplo pode ser observado na Figura 12. Embora tenham sido adquiridas duas imagens no dia 1 e duas imagens no dia 2, para cada percentual (40%, 50%, 60%, 70%), a melhor imagem em cada um desses dias foi utilizada para análise.

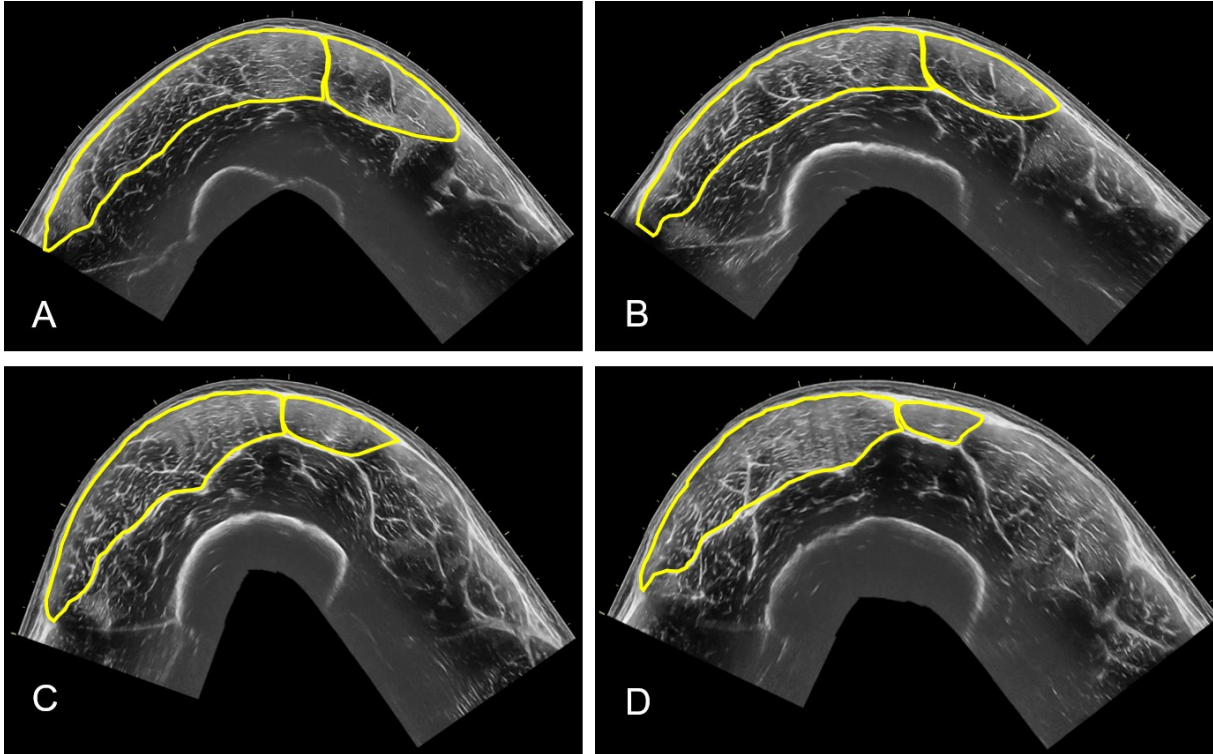
Analisadas as imagens, foi retirada a média dos valores entre o 1° e 2° dia de avaliação para cada percentual. Por fim, com apenas um único valor representativo para 40%, 50%, 60% e 70% do comprimento do fêmur, foi retirada uma média entre todos os percentuais. Dessa forma, apenas um único valor representou a AST do RF e a AST do VL.

A EM foi determinada como a distância entre a aponeurose profunda e superior de todos os músculos do quadríceps (LOPEZ; PINTO; PINTO, 2019), evitando o tecido adiposo subcutâneo e estrutura óssea. O AP foi calculado por meio do ângulo entre a aponeurose profunda e o fascículo muscular. O CF foi calculado a partir do método de extrapolação trigonométrica descrita por Finni e Komi (2002), que consiste da seguinte equação:

$$Cf + (h \text{ sen } \beta) \tag{4}$$

Onde Cf é o comprimento do fascículo medido na imagem transversal, h é a distância entre o fascículo e aponeurose superficial, e $\text{sen } \beta$ é seno do ângulo de penação. O fascículo mais visível, com melhor qualidade, foi utilizado para análise do AP e CF, o qual foi estimado como sendo linear, o que possui um erro assumido de 2 – 7% devido à extrapolação linear. Uma representação dos componentes aqui citados pode ser observada na Figura 13.

Figura 12 - Representação da área de secção transversa do Reto femoral (centralizado) e Vasto lateral (disposta à esquerda) a 40% (A), 50% (B), 60% (C), e 70%(D) do comprimento total do fêmur.



Fonte: elaborado pelo autor.

Para a EM foram realizadas cinco medidas, tanto da primeira imagem, quanto da segunda imagem do 1º dia de avaliação e, em seguida, foi retirada a média entre todas essas medidas. O mesmo procedimento foi realizado para o 2º dia de avaliações e, no final, foi retirada a média da EM do 1º e 2º dia para que houvesse apenas um único valor representativo para a análise estatística.

Nessas mesmas imagens foram adquiridas as medidas do CF e do AP. Todavia, diferentemente da EM, foi registrada apenas uma única medida na primeira e segunda imagem, tanto no 1º como no 2º dia de avaliações. Assim, foi retirada a média entre as medidas do 1º dia, seguido da média entre as medidas do 2º dia e, finalizando com a média entre o 1º e 2º dia. Dessa forma, para análise estatística, apenas um único valor representou o CF e o AP para cada um dos músculos do quadríceps.

A IE foi mensurada por um retângulo, posicionada abaixo da aponeurose superficial, compreendendo a maior área possível, evitando a fásia circundante

(NETO MÜLLER *et al.*, 2021). Foram realizadas duas medidas em cada imagem do 1° e 2° dia de avaliação, seguido de cálculos da média entre os dias, afim de obter no final apenas um único valor para a análise estatística.

Adicionalmente, para a correção da imagem da IE, foi mensurada a espessura do tecido adiposo subcutâneo, que foi definida como a distância entre a pele e a aponeurose superficial do músculo. O procedimento para a aquisição da medida foi o mesmo realizado para a EM. Foram realizadas cinco medidas na primeira e segunda imagem do 1° dia de avaliação e retirada uma média, o mesmo procedimento foi adotado nas imagens do segundo dia e, por fim, foi retirada a média entre o 1° e 2° dia de avaliação.

A IE foi determinada usando o valor médio da função histograma de escala de cinza, com valores variando entre 0 (preto) e 255 (branco). O tecido adiposo subcutâneo pode superestimar os valores obtidos pela intensidade do eco, sendo assim foi utilizada a equação de ajuste proposta por Neto Müller *et al.* (2021):

$$\text{IE corrigido} = \text{IE mensurado} + 39,2297 \times \text{EA} \quad (5)$$

Onde: IE – Intensidade do Eco; EA – Espessura Adiposa.

O VI foi o único músculo cuja medida de IE não foi realizada, pois, trata-se de um músculo profundo e o foco da imagem precisaria ser manipulado para cada participante, o que aumentaria o risco de viés nas avaliações. Além disso, a equação proposta por Neto Müller *et al.* (2021) leva em consideração músculos mais superficiais, os quais podem ter sua IE influenciada pelo tecido adiposo subcutâneo presente acima deles.

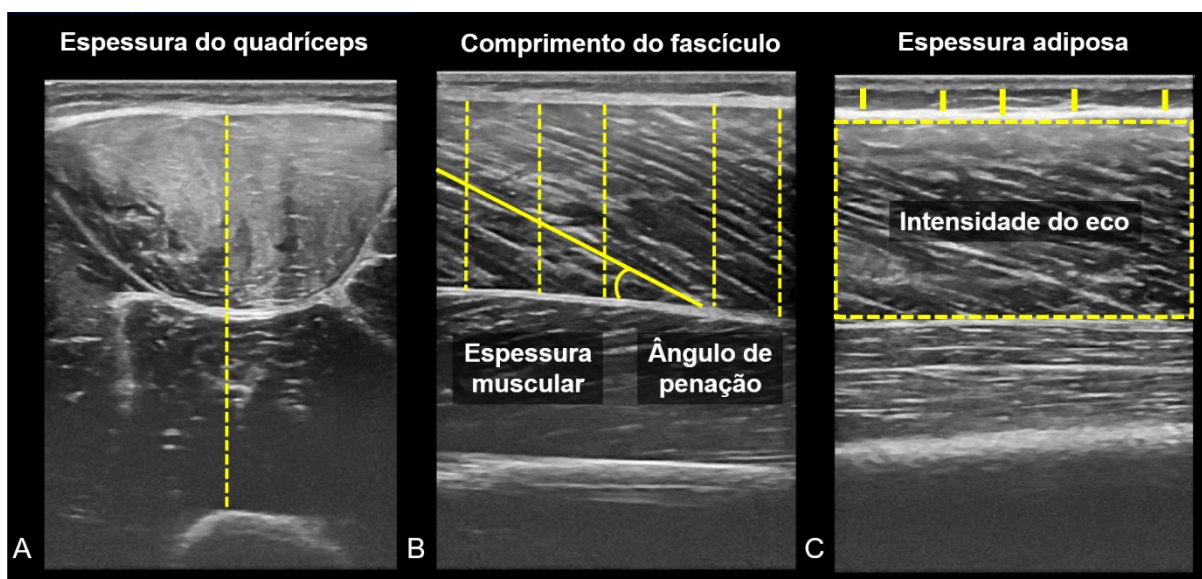
Para o Volume muscular do quadríceps foi mensurada a espessura do quadríceps, que foi definida como a distância entre a aponeurose superficial do RF e a aponeurose profunda do VI. Foi registrada apenas uma única imagem no 1° e 2° dia de avaliação, assim, foi calculado o Volume muscular no 1° dia e no 2° dia de avaliação, sendo calculada a média entre os dois dias e obtendo-se apenas um único valor para a análise estatística.

Foi utilizado para o cálculo do Volume muscular a equação de Miyatani *et al.* (2004), apresentada abaixo:

$$\text{Volume muscular} = (\text{EQ} \times 320,6) + (\text{CF} \times 110,9) - 4437,9 \quad (6)$$

Onde: o Volume muscular é representado em centímetros cúbicos (cm^3); EQ é a espessura do quadríceps, baseada na distância entre as aponeuroses do RF e VI; e CF é o comprimento do fêmur.

Figura 13 - Representação da análise dos componentes da arquitetura muscular de forma resumida. Medida da espessura muscular para o cálculo do Volume muscular (A); as 5 medidas de espessura muscular, ângulo de penação e comprimento do fascículo (B); as 5 medidas de espessura adiposa e a área de interesse para o cálculo da intensidade do eco.



Fonte: elaborado pelo autor

2.1.4.9.8 Tratamento de dados do Salto vertical

Todas as variáveis analisadas foram calculadas a partir da força de reação vertical do solo (FRS) extraída do *software* da Kistler. A curva de aceleração foi obtida por intermédio da seguinte equação:

$$a(t) = \text{FRS}(t) / m \quad (7)$$

Onde a é a aceleração ($\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$), FRS é a força de reação do solo (N), t é o tempo (s), e "m" a massa corporal (kg) do participante. Em seguida, foram realizadas duas integrais da aceleração e velocidade para aquisição das informações de posição. O maior valor da posição foi considerado como a altura do salto.

Por fim, baseados na FRS e velocidade, a curva de potência foi calculada pela seguinte equação:

$$p(t) = \text{FRS}(t) \times v(t) \quad (8)$$

Onde p é a potência, FRS é a força de reação do solo e v é a velocidade. Adicionalmente, foi realizada a normalização da potência pela massa corporal do participante. O maior valor pré-aterrissagem de potência e da potência normalizada foram considerados como o pico de potência e pico de potência normalizada. Todos esses procedimentos matemáticos foram realizados por um algoritmo desenvolvido no *software* Matlab.

2.1.4.9.9 Tratamento Estatístico

Para estatística descritiva foi utilizada a média e o desvio padrão. Para verificação da normalidade dos dados foi utilizado o teste de *Shapiro Wilk*. A confiabilidade teste-reteste, ou seja, do primeiro e segundo dia de avaliação, foi determinada pelo cálculo do Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI) cuja classificação utilizada foi: < 0,50, correlação pobre; 0,50 – 0,75, correlação moderada; 0,75 – 0,90, correlação boa; e > 0,90 correlação excelente (KOO; LI, 2016).

Adicionalmente, foi calculado o erro típico de medida (ETM) entre o primeiro e segundo dia de avaliação, sendo esse cálculo realizado pela razão do desvio padrão pela raiz quadrada de dois. A unidade de medida do ETM leva em consideração a mesma unidade da variável analisada. Além disso, foi calculado o tamanho de efeito (TE) para as comparações entre os grupos com auxílio da escala de Hopkins (2002), que utiliza a seguinte classificação: < 0,2, trivial; 0,2 – 0,5, baixo; 0,6 – 1,1, moderado; 1,2 – 2,0, grande; 2,1 – 4,0, muito grande; e > 4,0 – quase perfeito.

A homogeneidade dos dados foi verificada por meio do teste de Levene e a esfericidade por meio do teste de Mauchly. Em seguida, foi aplicada a Análise de Variância de uma via (ANOVA *one way*) para comparar os grupos quanto aos componentes da arquitetura muscular (CF, AP e EM), qualidade muscular (IE), morfologia muscular (AST e Volume muscular) força dos membros inferiores (carga máxima no agachamento) e potência dos membros inferiores (altura do salto, pico de potência e pico de potência ajustada).

Para a detecção das diferenças entre os grupos, foi aplicado o teste *post hoc* de Bonferroni. Além disso, também foi realizada correlação de Pearson entre as medidas de arquitetura, qualidade e morfologia muscular e as medidas de desempenho – força e potência de membros inferiores. As correlações também foram classificadas com o TE proposto por Hopkins (2002): < 0,1, trivial; 0,1 – 0,29, baixo; 0,3 – 0,49, moderado; 0,5 – 0,69, grande; 0,7 – 0,89, muito grande; 0,9 – 0,99, quase perfeito; > 0,99; perfeito.

Nível alfa de $p \leq 0,05$ foi adotado para determinar a significância estatística em todas as análises e todos os procedimentos estatísticos foram realizados no SPSS 21 *for Windows* (Pacote Estatístico para as Ciências Sociais, IBM, Chicago, Illinois, EUA).

2.1.5 Resultados

2.1.5.1 *Caracterização dos Participantes*

Foi observado que o grupo de FA apresentou massa corporal menor quando comparado ao grupo de TFAI ($p = 0,028$) e TF ($p = 0,003$), enquanto esses dois grupos não apresentaram diferença entre si ($p = 1,000$). Similarmente, o grupo de FA apresentou menor massa livre de gordura em relação ao grupo de TFAI ($p = 0,008$) e TF ($p = 0,001$), sendo esses sem diferença entre si ($p = 0,797$).

Quanto ao nível de atividade física, foi observado que o grupo de FA possuía 4 participantes considerados “muito ativo” e 4 considerados “ativo”. No grupo de TFAI, 5 participantes foram considerados “muito ativo” e 3 considerados “ativo”. No grupo de TF foi observado que 6 participantes foram considerados “muito ativo” e 2 considerados “ativo”.

Especificamente para os participantes do grupo de FA, foi relatado que 5 participantes praticavam apenas corrida, 2 participantes praticavam corrida e ciclismo, e 1 participante praticava corrida e futebol. Para os grupos de TFAI, nenhum participante relatou praticar outra atividade física, enquanto para o grupo de TF, foi relatado que 4 participantes praticavam modalidades de luta e 1 participante relatou praticar vôlei.

Quanto à caracterização do treinamento dos participantes, os FA possuíam ~4 anos de prática de exercício físico, com frequência de 4 vezes por semana e duração de 100 minutos em cada sessão de treinamento. Os praticantes de TFAI possuíam ~3 anos de prática com 5 sessões por semana, executadas em torno de 82 minutos. Enquanto para os praticantes de TF, foi relatada a prática de ~4 anos, com 4 sessões por semana e 67 minutos para cada sessão de treinamento. A descrição detalhada dessas informações é apresentada na Tabela 2. Adicionalmente, foi observado que o volume de treinamento dos participantes foi aproximadamente 413 minutos por semana para os FA, 433 para aqueles do TF e 329 para aqueles do TF.

Tabela 2 - Caracterização geral dos participantes.

Características antropométricas	FA (n = 8)	TFAI (n = 8)	TF (n = 8)	F	P
Idade (anos)	29,25 ± 8,24	27 ± 4,6	29,13 ± 6,12	0,302	0,742
Estatura (cm)	173 ± 7,11	173,76 ± 7,55	175,91 ± 3,76	0,417	0,665
Massa corporal (kg)	66,25 ± 6,95	78,44 ± 9,6	82,50 ± 8,69	7,904	0,003
Percentual de gordura (%)	11,50 ± 2,45	12,48 ± 4,5	12,89 ± 4,08	0,282	0,757
Massa livre de gordura (kg)	58,25 ± 5,02	68,36 ± 6,09	71,68 ± 6,19	11,155	0,006
Treinamento					
Tempo (anos)	4,63 ± 1,92	3,63 ± 1,68	4,50 ± 1,19		
Frequência semanal (dias)	4,13 ± 1,24	5,25 ± 0,7	4,88 ± 0,99		
Duração da sessão (minutos)	100 ± 37,41	82,50 ± 31,05	67,50 ± 21,21		

Fonte: elaborado pelo autor

Legenda: Dados apresentados em média ± desvio padrão. FA, fisicamente ativos; TFAI, treinamento funcional de alta intensidade; TF, treinamento de força; cm, centímetros; kg, quilogramas; %, percentual.

Sobre os aspectos nutricionais, todos os participantes do grupo de FA relataram não fazer acompanhamento nutricional, porém, 3 participantes relataram fazer uso de suplementação alimentar. Para os praticantes de TFAI, foi relatado que 3 deles realizavam acompanhamento nutricional especializado e 6 deles relataram que faziam uso de suplemento alimentar. Entre os praticantes de TF, foi relatado que 3 deles realizavam acompanhamento nutricional, mas que todos faziam uso de suplemento alimentar. A descrição detalhada sobre o acompanhamento nutricional é apresentada na Tabela 3, enquanto os aspectos sobre a suplementação alimentar são apresentados no Apêndice C.

Tabela 3 - Características de nível de atividade física e nutricional dos participantes.

Nível de atividade física	Grupos					
	FA		TFAI		TF	
	f	%	f	%	f	%
Ativo	4	50	3	37,5	2	25
Muito Ativo	4	50	5	62,5	6	75
Aspectos nutricionais						
Faz acompanhamento nutricional						
sim	-	-	3	37,5	3	37,5
não	8	100	5	62,5	5	62,5
Há quanto tempo						
não faz	8	100	5	62,5	6	75
até 1 ano	-	-	2	25	2	25
Mais de 1 ano	-	-	1	12,5	-	-
Já fez acompanhamento nutricional						
sim	3	37,6	5	62,5	7	87,5
não	5	62,5	3	37,5	1	12,5
Há quanto tempo						
não faz	5	62,5	3	37,5	1	12,5
até 1 ano	3	37,5	5	62,5	6	75
Mais de 1 ano	-	-	-	-	1	12,5

Fonte: elaborado pelo autor

Legenda: Dados apresentados em frequência absoluta (f) e relativa (%). FA, fisicamente ativos; TFAI, treinamento funcional de alta intensidade; TF, treinamento de força.

2.1.5.2 *Arquitetura Muscular*

A caracterização da arquitetura muscular em cada um dos grupos é apresentada na Tabela 4. Os valores de comparação direta provenientes da ANOVA

são apresentados na Tabela 5. Para melhor objetividade dos dados, as informações de reprodutibilidade estão no Apêndice D.

Em relação ao CF, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos, com TE variando entre trivial a grande nas comparações diretas entre os grupos. Similarmente, a IE não apresentou diferença entre os grupos, com TE variando entre trivial a moderado.

Para o AP foram observadas diferenças significativas entre os grupos para os músculos VI, RF e VM. Os praticantes FA apresentaram menor AP nos músculos VI e RF quando comparados aos demais grupos. Embora a ANOVA tenha apresentado interação significativa para o VM ($p = 0,04$), nesse músculo, não foram observadas diferenças significativas do AP entre os grupos. Todavia, ressalta-se que foi observado um TE considerado grande entre os grupos de treinamento e os FA. Similarmente, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos para o AP do VL, porém, foi observado um TE considerado moderado entre os grupos de treinamento e os FA. Independentemente do músculo avaliado, não foram observadas diferenças significativas entre o grupo de TFAI e TF.

Na EM, foram observadas diferenças significativas entre o grupo de FA e os demais grupos nas comparações para os músculos VI e RF. Em relação ao VL, não foram observadas diferenças entre os grupos e para o VM foi observada diferença significativa entre o grupo de FA e TF. Contudo, vale a pena mencionar que a comparação entre FA e praticantes de TFAI apresentou TE grande. Independentemente do músculo avaliado, não foram observadas diferenças significativas entre o grupo de TFAI e TF.

Tabela 4 - Descrição da arquitetura muscular dos grupos experimentais.

Variáveis		Grupos		ANOVA	
VI	FA	TFAI	TF	F	p
CF (cm)	8,04 ± 0,6	8,09 ± 1,16	7,38 ± 1,1	2,229	0,132
AP (°)	11,26 ± 2,47	19,98 ± 1,51	18,58 ± 1,69	40,191	< 0,001
EM (cm)	1,6 ± 0,27	2,51 ± 0,34	2,25 ± 0,33	17,226	< 0,001
RF					
CF (cm)	13,53 ± 3,31	12,88 ± 2,34	10,21 ± 1,86	3,737	0,041
AP (°)	8,81 ± 1,5	12,38 ± 2,43	13,16 ± 1,46	12,47	< 0,001
EM (cm)	1,86 ± 0,3	2,60 ± 0,34	2,27 ± 0,28	11,4	< 0,001
IE (ua)	111,31 ± 8,91	110,27 ± 6,07	108,55 ± 9,91	0,218	0,806
VL					
CF (cm)	7,37 ± 1,04	7,42 ± 0,72	7,15 ± 1,16	0,169	0,846
AP (°)	19,06 ± 4,14	20,73 ± 2,95	21,85 ± 3,21	1,302	0,293
EM (cm)	2,35 ± 0,39	2,64 ± 0,34	2,64 ± 0,33	1,707	0,206
IE (ua)	94,21 ± 3,92	94,9 ± 7,7	99,52 ± 10,75	1,049	0,368
VM					
CF (cm)	7,08 ± 2,4	6,55 ± 1,22	6,92 ± 1,09	0,208	0,813
AP (°)	18,48 ± 3,23	23,1 ± 5,1	23,1 ± 2,98	3,754	0,04*
EM (cm)	2,13 ± 0,37	2,48 ± 0,25	2,63 ± 0,35	4,739	0,02*
IE (ua)	97,84 ± 13,79	92,35 ± 19,92	98,08 ± 10,12	0,41	0,669

Fonte: elaborado pelo autor

Legenda: Dados apresentados em média ± desvio padrão. FA, fisicamente ativos; TFAI, treinamento funcional de alta intensidade; TF, treinamento de força; VI, Vasto intermédio; RF, Reto femoral; VL, Vasto lateral; VM, Vasto medial; CF, comprimento do fascículo; AP, ângulo de penação; EM, espessura muscular; IE, intensidade do eco; cm, centímetros; °, ângulo; ua, unidades arbitrárias;

*p<0,05.

Tabela 5 - Comparações entre grupos da arquitetura muscular dos músculos do quadríceps.

	Comprimento do fascículo		Ângulo de penção		Espessura muscular		Intensidade do eco	
	p	TE	p	TE	p	TE	p	TE
Vasto intermédio								
FA vs TFAI	1	0,05	< 0,001*	4,25	< 0,001*	2,96	-	-
FA vs TF	0,155	0,740	< 0,001*	3,45	0,002*	2,15	-	-
TFAI vs TF	0,508	0,62	1	0,87	0,355	0,77	-	-
Reto femoral								
FA vs TFAI	1	0,22	0,003*	1,76	< 0,001*	2,96	1	0,13
FA vs TF	0,052	1,23	< 0,001*	2,93	0,002*	2,15	1	0,29
TFAI vs TF	0,152	1,26	1	0,38	0,355	0,77	1	0,2
Vasto lateral								
FA vs TFAI	1	0,05	1	0,46	0,371	0,79	1	0,11
FA vs TF	1	0,19	0,371	0,75	0,376	0,8	0,591	0,65
TFAI vs TF	1	0,27	1	0,36	1	0	0,778	0,49

Fonte: elaborado pelo autor

Legenda: Tamanho de efeito (TE) de acordo com Hopkins. FA, fisicamente ativos; TFAI, treinamento funcional de alta intensidade; TF, treinamento de força;

vs, versus; *p<0,05

Tabela 6 - Comparações entre grupos da arquitetura muscular dos músculos do quadríceps.

	Comprimento do fascículo		Ângulo de penação		Espessura muscular		Intensidade do eco	
	p	TE	p	TE	p	TE	p	TE
Vasto medial								
FA vs TFAI	1	0,27	0,082	1,08	0,144	1,1	1	0,32
FA vs TF	1	0,08	0,082	1,48	0,02*	1,38	1	0,01
TFAI vs TF	1	0,31	1	0	1	0,49	1	0,36

Fonte: elaborado pelo autor

Legenda: Tamanho de efeito (TE) de acordo com Hopkins. FA, fisicamente ativos; TFAI, treinamento funcional de alta intensidade; TF, treinamento de força; vs, versus; *p<0,05

2.1.5.3 Morfologia muscular

Para todas as medidas de morfologia muscular foram observadas diferenças entre os grupos. Os participantes FA apresentaram menores valores de AST do RF (F: 7,329; $p = 0,004$), AST do VL (F: 6,933; $p = 0,005$) e volume muscular (F: 6,506; $p = 0,006$) quando comparados aos demais grupos. Em contrapartida, não foram observadas diferenças entre os grupos de TFAI e TF para nenhuma das medidas avaliadas. As informações detalhadas são apresentadas na Tabela 6. Para melhor objetividade dos dados, as informações de reprodutibilidade estão descritas no Apêndice E.

Tabela 7 - Descrição e comparação da morfologia muscular.

AST	GRUPOS					
	FA		TFAI		TF	
RF (cm ²)	5,87 ± 1,26		8,73 ± 1,79		7,93 ± 1,52	
VL (cm ²)	19,55 ± 4,53		28,01 ± 4,83		26,99 ± 5,46	
Volume muscular (cm ³)	1153,25 ± 350,97		1723,98 ± 395,08		1640,16 ± 266,56	
Comparação entre grupos	AST RF		AST VL		Volume muscular	
	p	TE	p	TE	p	TE
FA vs TFAI	0,004*	1,84	0,008*	1,8	0,009*	1,52
FA vs TF	0,043*	1,47	0,02*	1,48	0,029*	1,56
TFAI vs TF	0,931	0,48	1	0,19	1	0,24

Fonte: elaborado pelo autor

Legenda: Dados descritivos apresentados por média ± desvio padrão e tamanho de efeito (TE) de acordo com Hopkins. RF, reto femoral; VL, vasto lateral; FA, fisicamente ativos; TFAI, treinamento funcional de alta intensidade; TF, treinamento de força; AST, área de secção transversa; cm², centímetros quadrados; cm³, centímetros cúbicos; vs, versus; * $p < 0,05$.

2.1.5.4 Medidas de desempenho

Entre as medidas de desempenho, para a força máxima, foi observado que o grupo de FA alcançou uma carga menor quando comparado aos demais grupos (F: 40,723; $p < 0,001$). Entre as medidas de potência muscular, foi observado que o grupo

de FA apresentou desempenho menor, quando comparado aos demais grupos, nas medidas de altura do salto ($F: 7,215; p = 0,004$), pico de potência ($F: 8,412; p = 0,002$) e pico de potência ajustada ($F: 0,979; p = 0,392$). A única exceção foi para a potência pico ajustada, que não diferiu entre os FA e praticantes de TF. As informações detalhadas estão apresentadas na Tabela 7. Para melhor objetividade dos dados, as informações de reprodutibilidade estão no Apêndice E.

Tabela 8 - Descrição e comparação das medidas de desempenho.

Medidas de desempenho		FA	TFAI	TF
		Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP
1RM (kg)		87 ± 6,9	152 ± 23,68	151,88 ± 14,77
Altura do salto (cm)		45,73 ± 3,69	53,57 ± 2,48	50,86 ± 5,73
Pico de Potência (W)		3259,49 ± 369,76	4136,08 ± 471,23	4091,09 ± 79,97
Pico de potência ajustado (W/kg)		50,52 ± 6,05	54,1 ± 5,8	50,62 ± 5,63
Comparação entre grupos		FA vs TFAI	FA vs TF	TFAI vs TF
1RM	p	< 0,001*	< 0,001*	1
	TE	3,72	5,62	0,006
Altura do salto	p	0,004*	0,07	0,63
	TE	2,49	1,06	0,61
Pico de potência ajustado	p	0,698	1	0,738
	TE	0,6	0,01	0,6

Fonte: elaborado pelo autor

Legenda: Dados descritivos apresentados por média ± DP (desvio padrão) e tamanho de efeito (TE) de acordo com Hopkins. FA, fisicamente ativos; TFAI, treinamento funcional de alta intensidade; TF, treinamento de força; RM, repetição máxima; cm, centímetros; kg, quilogramas; W, watts; vs, versus;

* $p < 0,05$.

2.1.5.5 Correlação entre arquitetura muscular e medidas de desempenho

Para melhor organização dos dados, as correlações foram agrupadas por medidas, ou seja, CF, AP, EM e IE. Dessa forma, para cada medida são apresentadas

as informações de cada músculo. Todas as informações das medidas de correlação são apresentadas na Tabela 8.

2.1.5.5.1 Comprimento do fascículo

Ao correlacionar as medidas de arquitetura muscular e as medidas de desempenho, foi observado que não houve correlação entre nenhuma medida para o grupo de FA. Já para o grupo de TFAI foram observadas correlações entre o CF do VI e desempenho de força máxima ($r = 0,579$; $p = 0,029$) e entre o CF do VL e a altura do salto com contramovimento ($r = -0,714$; $p = 0,047$). Para o grupo de TF foi observada apenas correlação entre o CF do VM e desempenho de força máxima ($r = 0,839$; $p = 0,009$).

2.1.5.5.2 Ângulo de penação

No grupo de FA foi observada correlação entre o AP do VL e a altura do salto com contramovimento ($r = -0,927$; $p = 0,001$). Para o grupo de TFAI, foi observada correlação entre o AP do RF e o desempenho de força máxima ($r = 0,862$; $p = 0,006$), enquanto que para o grupo de TF foi observada correlação entre o AP do VI e o desempenho de força máxima ($r = 0,751$; $p = 0,032$).

2.1.5.5.3 Espessura muscular

O grupo de FA apresentou correlação entre a EM do VL e a altura do salto com contramovimento ($r = -0,874$; $p = 0,005$), assim como, entre a EM do RF e o pico de potência alcançado no mesmo teste de salto ($r = 0,734$; $p = 0,038$). Para o grupo de TFAI foram observadas correlações entre a EM do VI ($r = -0,830$; $p = 0,011$) e a EM do VL ($r = -0,781$; $p = 0,022$) com a altura do salto com contramovimento. Já para o grupo de TF foram observadas correlações entre a EM do RF e a altura do salto com contramovimento ($r = 0,715$; $p = 0,046$), EM do VI ($r = 0,717$; $p = 0,045$) e RF ($r = 0,823$; $p = 0,012$) com a potência pico do mesmo salto, e a EM do VI e o desempenho de força máxima ($r = 0,726$; $p = 0,042$).

2.1.5.5.4 Intensidade do Eco

Para a IE não foram observadas correlações com nenhuma das medidas de desempenho.

2.2 CORRELAÇÃO ENTRE MORFOLOGIA MUSCULAR E MEDIDAS DE DESEMPENHO

2.2.1.1 *Área de secção transversa e volume muscular*

Na correlação entre as medidas de morfologia muscular e as medidas de desempenho, foram observadas correlações significativas apenas para os grupos de TFAI e TF (Tabela 9).

Especificamente no desempenho de força máxima, foi observada correlação entre a AST do VL e o teste de 1RM ($r = 0,805$; $p = 0,016$) para o grupo de TF.

Nas medidas de potência muscular, foram observadas correlações entre a AST do RF ($r = -0,722$, $p = 0,043$) e VL ($r = -0,933$; $p = 0,001$) com a altura do salto para o grupo de TFAI, enquanto que para o grupo de TF foi observada correlação entre a AST do RF e altura do salto ($r = 0,82$, $p = 0,013$). Em relação a potência pico, apenas o grupo de TF obteve correlação com essa medida e a AST do RF ($r = 0,742$, $p = 0,035$).

Para o Volume muscular, não foram observadas correlações significativas para nenhum dos grupos avaliados.

Tabela 9 - Correlações entre arquitetura muscular e medidas de desempenho.

(continua)

Comprimento do fascículo		VI		RF		VL		VM	
		r	p	r	p	r	p	r	p
FA	Altura do salto	-0,116	0,785	-0,07	0,869	0,464	0,247	-0,258	0,537
	Pico de potência	-0,316	0,446	0,557	0,152	0,39	0,339	0,258	0,538
	Força máxima	-0,193	0,646	-0,235	0,575	-0,219	0,603	-0,208	0,622
TFAI	Altura do salto	-0,692	0,057	0,166	0,695	-0,714	0,047*	-0,43	0,919
	Pico de potência	0,373	0,363	-0,047	0,911	0,588	0,125	-0,467	0,243
	Força máxima	0,759	0,029*	-0,559	0,15	-0,342	0,408	0,089	0,834
TF	Altura do salto	0,02	0,963	0,542	0,166	0,665	0,072	-0,164	0,699
	Pico de potência	0,631	0,093	0,698	0,054	0,252	0,547	0,271	0,517
	Força máxima	0,506	0,201	0,628	0,096	-0,502	0,205	0,839	0,009*
Ângulo de penação		VI		RF		VL		VM	
		r	p	r	p	r	p	r	p
FA	Altura do salto	0,233	0,579	-0,197	0,64	-0,927	0,001*	-0,062	0,883
	Pico de potência	0,531	0,176	-0,122	0,773	-0,352	0,392	0,209	0,62
	Força máxima	-0,039	0,927	-0,013	0,975	-0,184	0,662	0,221	0,598
TFAI	Altura do salto	-0,047	0,912	-0,442	0,272	-0,415	0,307	0,121	0,775
	Pico de potência	0,365	0,374	0,117	0,782	-0,013	0,976	0,237	0,572
	Força máxima	-0,415	0,306	0,862	0,006*	0,399	0,327	0,129	0,761
TF	Altura do salto	0,497	0,211	0,169	0,689	-0,393	0,335	-0,275	0,51
	Pico de potência	0,605	0,112	0,023	0,957	0,015	0,972	-0,586	0,127
	Força máxima	0,751	0,032*	-0,177	0,676	0,509	0,198	-0,574	0,127

Tabela 9 - Correlações entre arquitetura muscular e medidas de desempenho.

(conclusão)

Espessura muscular		VI		RF		VL		VM	
		r	p	r	p	r	p	r	p
FA	Altura do salto	0,296	0,477	0,008	0,984	-0,874	0,005*	-0,358	0,384
	Pico de potência	0,462	0,249	0,734	0,038*	-0,1	0,814	0,637	0,089
	Força máxima	-0,167	0,692	-0,206	0,625	-0,478	0,231	0,16	0,705
TFAI	Altura do salto	-0,83	0,011*	-0,587	0,126	-0,781	0,022*	0,413	0,31
	Pico de potência	0,575	0,136	0,243	0,561	0,319	0,442	-0,486	0,223
	Força máxima	0,478	0,231	0,543	0,164	0,17	0,687	0,446	0,268
TF	Altura do salto	0,229	0,585	0,715	0,045*	0,499	0,208	-0,516	0,191
	Pico de potência	0,717	0,045*	0,823	0,012*	0,334	0,419	-0,249	0,553
	Força máxima	0,726	0,042*	0,586	0,126	-0,052	0,902	0,432	0,285
Intensidade do eco		VI		RF		VL		VM	
		r	p	r	p	r	p	r	p
FA	Altura do salto	-0,537	0,17	-0,304	0,464	-0,556	0,153	-	-
	Pico de potência	0,216	0,608	-0,401	0,325	-0,645	0,084	-	-
	Força máxima	-0,615	0,104	-0,181	0,667	-0,484	0,224	-	-
TFAI	Altura do salto	-0,027	0,949	-0,046	0,913	-0,527	0,179	-	-
	Pico de potência	-0,227	0,589	0,368	0,37	0,354	0,39	-	-
	Força máxima	-0,032	0,94	-0,336	0,416	-0,498	0,209	-	-
TF	Altura do salto	-0,023	0,958	0,147	0,728	0,357	0,386	-	-
	Pico de potência	-0,201	0,633	-0,129	0,76	0,108	0,799	-	-
	Força máxima	-0,568	0,142	-0,211	0,142	0,288	0,489	-	-

Fonte: elaborado pelo autor

Legenda: Dados descritivos apresentados pela correlação de Pearson (r) e classificação de acordo com r de Hopkins. FA, fisicamente ativos; TFAI, treinamento funcional de alta intensidade; TF, treinamento de força; RF, reto femoral; VL, vasto lateral; *p < 0,05.

Tabela 10 - Correlação entre as medidas de morfologia muscular e medidas de desempenho.

Grupos/ Variáveis		1RM		Altura do salto		Pico de potência	
		r	p	r	p	r	p
FA	AST RF	-0,451	0,262	-0,235	0,575	0,423	0,297
	AST VL	-0,604	0,112	-0,53	0,177	0,387	0,344
	Vol Musc	-0,467	0,243	-0,041	0,923	0,644	0,085
TFAI	AST RF	0,261	0,533	-0,722	0,043*	0,347	0,4
	AST VL	0,318	0,443	-0,933	0,001*	0,574	0,136
	Vol Musc	-0,431	0,287	-0,603	0,114	0,467	0,243
TF	AST RF	0,403	0,323	0,82	0,013*	0,742	0,035*
	AST VL	0,805	0,016*	0,33	0,425	0,634	0,091
	Vol Musc	0,686	0,06	0,572	0,139	0,521	0,185

Fonte: elaborado pelo autor

Legenda: Dados descritivos apresentados pela correlação de Pearson (r) e classificação de acordo com r de Hopkins. FA, fisicamente ativos; TFAI, treinamento funcional de alta intensidade; TF, treinamento de força; AST, área de secção transversa; RF, reto femoral; VL, vasto lateral; Vol musc, volume muscular; *p < 0,05.

2.2.2 Discussão

2.2.2.1 *Arquitetura muscular*

2.2.2.1.1 Vasto intermédio

Em nosso estudo foram observadas as seguintes medidas do VI para o grupo de FA: 8,04 cm para o CF; 11,26° para o AP e 1,6 cm para a EM. Esses resultados são similares aqueles relatados por Strasser et al. (2013), os quais avaliaram jovens fisicamente ativos e observaram valores de 1,71 cm para a EM e 9,7° para o AP. Resultados similares também foram relatados por Erskine et al. (2010), que avaliaram homens não praticantes de treinamento de força e relataram valores de 10,3 cm para o CF e 13,2° para o AP. Outro estudo com resultados semelhantes foi realizado por Ema et al. (2013), os quais avaliaram homens fisicamente ativos e registraram valores de 1,48 cm para a EM e 11,5° para o AP.

Embora tenhamos apresentado valores de arquitetura muscular para o VI no grupo de TFAI, ao nosso conhecimento, nenhum estudo que tenha abordado a arquitetura muscular em praticantes de TFAI apresentou informações do VI. Portanto, não foi possível observar se as medidas registradas em nosso estudo estão de acordo com aquelas mencionadas na literatura.

Já para o grupo de TF, observamos que o VI possuía 7,38 cm para o CF; 18,58° para o AP e 2,25 cm para a EM. Enquanto no estudo de Oranchuk et al. (2019) foi apresentado resultado similar para a EM com valores reportados de 2,29 cm, no estudo de Maden-Wilkinson et al. (2020) foram registrados valores de 10,7 cm para o CF e 14,5° para o AP. Em ambos os estudos homens treinados em força foram avaliados, todavia, as diferenças observadas entre nossos achados e aqueles reportados por Maden-Wilkinson et al. (2020) podem estar relacionados a diferentes estratégias musculares observadas com a prática de treinamento. Essas estratégias estariam relacionadas ao aumento do AP sem alterações substanciais do CF nos participantes do nosso estudo, enquanto que, provavelmente, uma adaptação oposta tenha sido experienciada pelos participantes avaliados por Maden-Wilkinson et al. (2020).

2.2.2.1.2 Reto femoral

Para o RF dos participantes FA, observamos valores de 13,53 cm para o CF; 8,81° para o AP; 1,86 cm para a EM e 111,31 ua para a IE. No estudo de Strasser et al. (2013) foram avaliados jovens ativos, os quais apresentaram valores de 1,81 cm para a EM e 101,9 ua para a IE, sendo esses similares àqueles relatados no presente estudo. Já no estudo de Lee et al. (2021a), foram avaliados homens fisicamente ativos, que apresentaram valores de 15,5 cm no CF e de 10,3° para o AP na arquitetura do RF. Possivelmente, os valores levemente acima daqueles relatados em nosso estudo se deve ao fato de Lee et al. (2021a) terem avaliado ciclistas competidores com 5 anos de experiência na modalidade.

As características do RF dos praticantes de TFAI foi de 12,88 cm para o CF; 12,38° para o AP; 2,6 cm para a EM e 110,27 ua para a IE. Medidas prévias sobre a arquitetura muscular de homens praticantes de TFAI foram relatadas por Mangine et al. (2020a), os quais relataram que o RF apresentou as médias de 11,5 cm para o CF; 14,5° para o AP; 2,86 cm para a EM e 97,14 ua para a IE. Já o segundo estudo, publicado no mesmo ano, de Mangine et al. (2020b) apresentaram medidas de 2,73 cm para a EM e 125 ua para a IE. Acreditamos que a principal razão para a diferença observada está no nível de treinamento dos participantes, pois, enquanto em nosso estudo foram avaliados praticantes de TFAI, Mangine et al. (MANGINE *et al.*, 2020b, 2020a) avaliaram atletas ou competidores, com anos de experiência em treinamento de força e CrossFit®.

Para o grupo de TF, registramos os seguintes valores para o RF: 10,21 cm para o CF; 13,16° para o AP; 2,27 cm para a EM e 108,55 ua para a IE. Resultados próximos foram observados por Oranchuk et al. (2019), que registraram valores de 11,03 cm para o CF; 14,76° para o AP e 2,68 cm para a EM. Por outro lado, Maden-Wilkinson et al. (2020) registraram valores de 12,1 cm para o CF e 15,6° para o AP, os quais estão um pouco acima daqueles observados em nosso estudo, mas isso pode ser explicado pelo objetivo principal dos participantes desse estudo que era desenvolvimento de força máxima, segundo os autores.

2.2.2.1.3 Vasto Lateral

Para o VL, foi registrado no grupo de FA as medidas de 7,37 cm para CF; 19,06° para o AP; 2,35 cm para a EM e 94,21 ua para a IE. Esses valores foram similares a vários outros relatados na literatura, Erskine et al. (2010), por exemplo, registraram valores de 7,24 cm para CF; 18° para AP e 2,39 cm para EM. No estudo de Trezise e Blazeovich (2019) foram mencionados valores de 7,8 cm para o CF e 17,6° para o AP, enquanto Strasser et al. (2013) reportaram que o VL avaliado apresentou medidas de 2,26 cm para EM e 96,2 ua para a IE.

Já para o grupo de TFAI, registramos valores de 7,42 cm para o CF; 20,73° para o AP; 2,64 cm para a EM e 94,9 ua para a IE nas medidas do VL. Mangine et al. (2020a) relataram medidas de 10,5 cm para o CF; 12,4° para o AP; 1,97 cm para a EM e 104 ua para a IE, enquanto Mangine et al. (2020b) relataram valores médios de 1,96 cm para EM e 125 ua para IE. Embora os resultados dos estudos de Mangine et al. (MANGINE *et al.*, 2020b, 2020a) pareçam ser menores que os nossos, é importante destacar que o procedimento de aquisição das imagens difere entre os estudos. A medida do VL nos estudos de Mangine et al. (MANGINE *et al.*, 2020b, 2020a) foram realizadas com o participante em decúbito lateral e articulação do joelho flexionada em 10°, e isso pode ter influenciado na diferença entre os nossos resultados.

O grupo de TF apresentou valores de 7,15 cm para o CF; 21,85° para o AP; 2,64 cm para a EM e 99,52 ua para a IE nas medidas do VL. Similarmente, Oranchuk et al. (2019) registraram valores de 8,03 cm para o CF, 20,53° para o AP e 2,79 cm para a EM. Resultados similares também foram relatados por Anousaki et al. (2021), os quais avaliaram homens, atletas, especialistas em força e observaram que o VL deles possuía 7,4 cm para o CF, 23,7° para o AP e 2,9 cm para a EM.

2.2.2.1.4 Vasto Medial

O VM dos participantes do grupo de FA foi registrado com as medidas de 7,08 cm no CF; 18,48° para o AP; 2,13 cm para a EM e 97,84 ua para a IE. Resultados similares foram registrados na literatura, como o estudo de Ema et al. (2013), os quais relataram valores de 7,19 cm no CF; 18,9° para o AP e 2,18 cm para a EM, assim como o estudo de Erskine et al. (2010), que registraram valores de 10,3 cm para CF, 18° para AP e 2,39 cm para EM nas medidas para o VM.

Para o VM do grupo de TFAI, foram registradas medidas de 6,55 cm para CF; 23,1° para o AP; 2,48 cm para o EM e 92,35 ua para IE. Os valores relatados por Mangine et al. (2020a) foram de 10,6 cm para o CF; 24,9° para o AP; 4,28 cm para a EM e 104 ua para a IE. Já as medidas para o VM de Mangine et al. (2020b) foram de 3,78 cm para EM e de 117 ua para IE. Essas discrepâncias observadas entre nossos resultados reforça as observações relatadas anteriormente quanto ao nível de treinamento dos participantes e a referência para aquisição das imagens de ultrassom.

Por fim, no grupo de TF, o VM possuía como características: 6,92 cm para o CF; 23,1° para o AP; 2,63 cm para a EM e 98,08 ua para a IE. No estudo de Maden-Wilkinson et al. (2020), os autores relataram valores de 11,7 cm para o CF e 20,8° para o AP. Assim como foi observado para o RF, essas diferenças nos valores observados podem estar relacionadas com o objetivo dos participantes, porém, também pode ser produto do treinamento. Franchi et al. (2016), por exemplo, observaram expressivo aumento do AP (30%) e um pequeno aumento no CF (5%) após 14 semanas de treinamento de força. Portanto, possivelmente, os atletas avaliados por Maden-Wilkinson et al. (2020) podem ter experienciado não somente aumento do AP, como também do CF.

2.2.2.1.5 Comparação da arquitetura muscular dos músculos VI, RF e VM entre os grupos

Embora exista algumas diferenças significativas ou a ausência dessas entre os músculos, foi possível observar que houve um padrão nas medidas de arquitetura muscular para o VI, RF e VM. O cenário observado foi que a EM e o AP foram menores para o grupo de FA e que o CF não diferiu entre os grupos, assim como, as medidas de arquitetura entre o grupo de TFAI e TF parecem não diferir entre eles. Possivelmente, a inserção e prática contínua de exercícios de força pode ter proporcionado adaptações que acarretaram nas diferenças estruturais observadas na musculatura esquelética entre os grupos (FOLLAND; WILLIAMS, 2007).

Através da prática de exercícios de força muscular pode-se observar ganhos hipertróficos que podem ser inferidos por diferentes medidas estruturais (SUCHOMEL *et al.*, 2018). Uma dessas medidas é a EM, que está associada à AST, também conhecida por representar indiretamente a hipertrofia muscular (SCHOENFELD *et al.*, 2021a). Nesse sentido, podemos conjecturar que a EM dos praticantes de TFAI e TF

pode estar relacionada ao aumento das dimensões dos músculos, ou seja, a hipertrofia, que foi adquirida por meio de estresses mecânicos impostos por sobrecargas constantes ao longo dos anos de treinamento desses participantes (D'ANTONA *et al.*, 2006; KAWAKAMI; ABE; FUKUNAGA, 1993a).

Embora os participantes FA tenham praticado suas atividades físicas por pelo menos 4,6 anos, possivelmente, a sobrecarga e periodicidade das atividades podem não ter promovido ganhos significativos para o aumento da EM, tanto quanto foram experienciados pelos praticantes de TFAI e TF. Nesse sentido, vale salientar que as adaptações na arquitetura muscular de FA podem ter ocorrido, mas não foram na mesma proporção que aquelas observadas na prática do treinamento dos demais grupos (ÇINARLI; KAFKAS; YILDIRIM, 2022; LEE *et al.*, 2021b).

Quanto ao AP, esse componente também pode ter sofrido influência da prática de treinamento físico. Fukutani e Kurihara (2015), por exemplo, observaram que o VL de indivíduos treinados apresentava maior AP e EM que o VL de indivíduos não treinados. Kawakami, Abe e Fukunaga (1993a) observaram que o tríceps braquial de fisiculturistas apresentavam maior AP que o tríceps de homens não treinados. Além disso, os autores também relataram que a novidade do estudo foi a observação da correlação positiva entre a EM e o AP do fascículo (cabeça longa, $r = 0,884$; cabeça curta, $r = 0,833$).

Essas adaptações na EM e AP, como sugerido por Çinarli, Kafkas e Yildirim (2022), são importantes para o levantamento progressivo de cargas mais pesadas e produção de energia, ou seja, são importantes para proporcionar maior capacidade de produção de força muscular. Kawakami *et al.* (2006) observaram correlação entre a EM e o AP do VL de homens e mulheres com diferentes níveis de treinamento, concluindo que a relação de dependência do tamanho do músculo e o AP é uma característica geral dos músculos penados, e alertaram que o AP pode aumentar mais que a EM em músculos muito hipertrofiados.

Quanto ao CF, a ausência de diferença entre os grupos pode ser em decorrência de dois fatores. O primeiro está baseado na relação entre os componentes da arquitetura muscular. Como visto acima, o AP e a EM estão relacionadas, logo, se dois músculos apresentam o mesmo CF, porém, a EM entre eles é diferentes, há a possibilidade de o AP estar determinando a diferença entre esse músculos (JORGENSEN; PHILLIPS; HORNBERGER, 2020). Assim, para os FA, o CF se ajustou às dimensões estruturais de menor AP e EM, enquanto para os grupos

de treinamento, o CF não sofreu alterações longitudinais, mas a maior EM acaba refletindo o maior AP no arranjo dos fascículos.

O segundo fator está na suposição de que o fascículo possui uma disposição linear entre as aponeuroses. Essa prática é comum entre os estudos, porém, sabe-se que o fascículo pode apresentar uma curvatura em decorrência da prática de treinamento físico (KAWAKAMI; ABE; FUKUNAGA, 1993a). Franchi et al. (2016) alertaram que esse tipo de prática pode não representar um problema quando se trata de indivíduos não treinados, contudo, em músculos hipertrofiados, os fascículos mostram uma curvatura significativamente maior. Dessa forma, possa ser que o CF tenha sido subestimado para o grupo de TFAI e TF e influenciado na ausência de diferença significativa em relação ao grupo de FA.

2.2.2.1.6 Comparação da arquitetura muscular do VL entre os grupos

O VL foi o músculo que não apresentou diferença significativa em nenhuma das medidas entre os grupos. Todavia, ao observamos os valores, principalmente os de EM, percebe-se que as medidas não são iguais, o que nos leva a atentar para outra análise estatística baseada em uma análise mais descritiva dos dados, nesse caso, o TE.

O CF apresentou TE entre trivial a moderado, similar ao observado nos músculos VI e RF, ou seja, parece que o fascículo possui um comprimento similar entre os grupos. Para o AP o TE variou entre pequeno e moderado, mostrando baixa variabilidade entre os grupos. Já em relação à EM, houve uma variabilidade muito maior com TE trivial entre o TFAI e o TF, porém, um TE moderado nas comparações do grupo de FA em relação ao grupo de TFAI, e nas comparações entre FA e TF.

Nesse cenário, poderíamos inferir que assim como nos demais músculos do quadríceps relatados anteriormente, o grupo de TF experienciou aumento de material contrátil na área limitada de aponeurose influenciando no aumento do AP (EMA *et al.*, 2016; NARICI; FRANCHI; MAGANARIS, 2016). Esses arranjos refletiram no aumento da EM, que também denotam ganhos hipertróficos no VL dos participantes desse grupo (FRANCHI *et al.*, 2018). Como o tipo de treinamento desses participantes tem como ênfase a fase concêntrica, a adição de material contrátil pode ter ocorrido em paralelo (FRANCHI *et al.*, 2016), o que não proporcionou aumentos no comprimento

longitudinal do fascículo e explicaria o menor valor de CF para o grupo de TF quando comparado aos demais grupos.

Para o grupo de TFAI, os participantes também apresentaram hipertrofia do VL, posto que o valor médio para a EM é igual ao do grupo de TF. Todavia, além de experienciar aumentos de material contrátil em paralelo, os participantes desse grupo poderiam ter experimentado aumento de material contrátil em série (ABE; KUMAGAI; BRECHUE, 2000; NARICI; FRANCHI; MAGANARIS, 2016). Nesse sentido, entenderíamos a razão dos participantes apresentarem um AP menor que o grupo de TF, porém maior que o grupo de FA, assim como, terem apresentado o maior CF dentre todos os grupos avaliados.

Em relação ao grupo de FA, a adaptação no VL também pode ter sido produto de ganhos hipertrófico, porém, em menor proporção que os demais grupos (GRGIC *et al.*, 2019). Os participantes relataram práticas de exercício como corrida, ciclismo e futebol, as quais possuem participação e importância expressiva do VL para a sua execução (LEE *et al.*, 2021a, 2021b; MONTE *et al.*, 2020). Abe, Kumagai e Brechue (2000), por exemplo, observaram adaptações na arquitetura do VL de velocistas e corredores de longa distância. Hug *et al.* (2006) observaram hipertrofia seletiva do VL e bíceps femoral de ciclistas profissionais, enquanto Laet *et al.* (2021) observaram correlação entre essas medidas de arquitetura e a capacidade de produzir força explosiva e desempenho físico de jogadores de futebol.

Portanto, especificamente para o VL, acreditamos que a ausência de diferença está relacionada às diferentes estratégias do corpo em recrutar e adaptar esse músculo em ações específicas dessas modalidades. Isso pode ter influenciado principalmente no AP e CF, visto que há uma expressiva discrepância nos valores de EM entre os grupos.

É importante lembrar que, até o presente momento, a única medida não apresentada foi a IE. Essa medida não possui um valor de referência na literatura e a sua comparação em relação a outros estudos é desencorajada (RABELLO *et al.*, 2020). Nesse contexto, levando em consideração a escala de cinza da função histograma (0 – 255), podemos observar que os valores dos grupos são baixos, independentemente do TE entre eles. Sendo assim, todos os grupos apresentaram uma boa qualidade muscular.

Com base no exposto até o presente momento, consideramos que a primeira parte da Hipótese 1 foi confirmada, visto que o AP e a EM dos grupos de TFAI e TF

não diferiram entre si. Além disso, a Hipótese 2 também foi confirmada, dado que os valores de IE foram baixos e não diferiram entre o grupo de TFAI e TF.

2.2.2.2 *Força máxima*

O grupo de FA levantou 87 kg no teste de 1RM para o agachamento. Esses resultados foram acima daqueles relatados por Nascimento et al. (2007), os quais avaliaram homens moderadamente ativos cuja carga máxima levantada foi de 70,3 kg. Similarmente, Li et al. (2019) avaliaram corredores experientes de longa distância e relataram carga ~61kg no teste de 1RM. Todavia, Souza et al. (2014) relataram valores bem elevados de ~138 kg após avaliar universitários classificados como recreacionalmente ativos. Levando-se em consideração apenas a classificação do nível de atividade física, os participantes do grupo de FA parecem ser mais fortes que os participantes dos estudos de Nascimento et al. (2007) e Li et al. (2019). Entretanto, Souza et al. (2014) avaliaram atletas amadores e isso pode ter influenciado nas diferenças entre nossos resultados.

Para os praticantes de TFAI, foi observada a carga de 152 kg no teste de força máxima. Esses resultados foram similares aqueles reportados por Dexheimer et al. (2019), que avaliaram homens com 4 anos de experiência em CrossFit® e relataram valores de 151 kg para o teste máximo de agachamento. Enquanto Meier, Rabel e Schmidt (2021) relataram o valor de 152,3 kg para homens com 3,6 anos de experiência. Nossos resultados também foram próximos daqueles relatados por Tibana et al. (2018) cujo valor alcançado, por praticantes de CrossFit® considerados com alta força, foi de 154,91 kg.

Para os participantes do grupo de TF, a carga máxima alcançada foi de 151,8 kg. Valores similares foram relatados por Ormsbee et al. (2022), que avaliaram homens treinados em força e observaram valor de ~151,4 kg, e Alegre et al. (2006), que também avaliaram homens treinados em força e relataram valor de ~153,8 kg. Todavia, Bartolomei et al. (2021) relataram valores mais elevados que o nosso, com média de 178,5 kg para homens treinados em força. Embora o contexto de nível de treinamento seja o mesmo, é importante relatar que os participantes de Bartolomei et al. (2021) eram atletas (levantamento de peso olímpico, rugby, arremessador de peso) com 5,2 anos de experiência na prática do treinamento de força.

2.2.2.2.1 Comparação da força máxima entre os grupos

Quando realizada a comparação entre os grupos, foi observado que os participantes FA apresentaram menores valores de força máxima em comparação aos participantes dos demais grupos, os quais não diferiram entre si. A prescrição de exercícios de força muscular faz parte do programa de TF e são frequentemente prescritos no TFAI. Assim, as diferenças entre esses grupos e o de FA já era esperado, uma vez que os exercícios de força podem gerar adaptações neurais e morfológicas que auxiliam no aumento da capacidade de produção de força máxima (SUCHOMEL *et al.*, 2018).

Dentre essas adaptações, há o aumento na taxa de disparo das unidades motoras, melhora na coordenação intramuscular e (GABRIEL; KAMEN; FROST, 2006; MAUDRICH *et al.*, 2022), alterações na morfologia e arquitetura muscular (FOLLAND; WILLIAMS, 2007), que influenciam no alcance de cargas elevadas no teste de 1RM. Adicionalmente, outros fatores podem contribuir para um bom desempenho no teste, como a inserção de cargas elevadas durante o treinamento e a prática específica do movimento a ser avaliado (ANDROULAKIS-KORAKAKIS; FISHER; STEELE, 2020; SCHOENFELD *et al.*, 2021a).

Por ser nosso objeto de estudo, as características dos músculos do quadríceps podem ter contribuído para o melhor desempenho no teste de força máxima dos participantes do grupo de TFAI e TF. Isso porque foram observadas algumas correlações significativas entre morfologia e arquitetura muscular, e o teste de 1RM. Além disso, os participantes desses dois grupos praticavam o exercício de agachamento com frequência e utilizavam cargas elevadas no seu programa de treinamento, o que pode ter contribuído para os resultados observados no desempenho de força máxima.

Sendo assim, a Hipótese 3 não foi confirmada em nosso estudo. Nós hipotetizamos que os praticantes de TFAI apresentariam maior carga no teste de 1RM em relação aos praticantes de TF, porém, como exposto acima, não foram observadas diferenças entre os grupos.

2.2.2.3 *Potência muscular*

No grupo de FA observamos uma altura do salto de 45,73 cm; pico de potência de 3259,5 W; e pico de potência ajustada de 50,52 W/kg. Alegre et al. (2009) avaliaram homens com diferentes níveis de atividade física e relataram resultados similares, com altura do salto de ~40 cm e pico de potência ajustado de 50 W/kg. Li et al. (2019) avaliaram corredores de longa distância e relataram valores de 32,44 cm e 44,6 W/kg para altura do salto e pico de potência ajustado, respectivamente. Nossos resultados estão acima daqueles observados nos estudos supracitados, porém, isso pode ser em decorrência das características físicas como estatura e massa corporal, as quais influenciam no desempenho do teste de salto com contramovimento.

Já para o grupo de TFAI, observamos valores de altura do salto de 53,57 cm; pico de potência de 4136,1 W; e pico de potência ajustada de 54,1 W/kg. Apesar de a avaliação do salto com contramovimento estar presente em vários estudos envolvendo TFAI, a altura do salto é a principal variável relatada pelos autores. Sousa Neto et al. (2022) avaliaram homens praticantes de CrossFit® e relataram valores de 40 cm para a altura do salto. Martínez-Gómez et al. (2020) e Adami et al. (2020) avaliaram homens com 3 anos de experiência em TFAI e relataram valores de 42 cm e 39 cm, respectivamente. A diferença entre nossos resultados pode estar relacionada a fatores como: tipo de instrumento utilizado na avaliação, os anos de experiência com a prática do TFAI e a inserção de exercícios que contemplem a prática de salto, porém, esse último fator é a variável interveniente de todos os estudos apresentados.

Para o grupo de TF, registramos valores de altura do salto de 50,86 cm, pico de potência de 4091,1 W; e pico de potência ajustada de 50,6 W/kg. Quanto à altura do salto, resultados próximos foram relatados por Berning et al. (2010) com valores de ~48 cm e Khamoui et al. (2009) com valores de ~45 cm, sendo ambos os estudos realizados com homens treinados em força. Nossos achados foram menores que aqueles reportados por Chang et al. (2022) cujo valor registrado foi de 59,1 cm, porém, o salto com contramovimento desse estudo foi realizado com auxílio dos braços, os quais podem aumentar até em 28% a altura do salto (GUO; WU; LI, 2020).

Assim como mencionado acima, muitos estudos trazem informações apenas sobre a altura do salto. Todavia, Anousaki et al. (2021) avaliaram homens treinados em modalidades de força e relataram valores de ~37 cm para a altura do salto, 4625,3 W para o pico de potência, e de 47,9 W/kg para o pico de potência ajustada. Em nosso

estudo, cinco dos oito participantes do grupo de TF também praticavam atividades esportivas que potencialmente proporcionaram uma melhor eficiência na capacidade de salto, isso explicaria a diferença substancial observada para a altura do salto entre nossos estudos.

Por outro lado, atletas considerados mais pesados tendem a ter maior vantagem na medida de pico de potência absoluta (ACHE-DIAS *et al.*, 2016). Assim, os participantes do estudo de Anousaki *et al.* (2021) apresentaram maior valor para essa medida, uma vez que a massa corporal desses indivíduos foi de 96,6 kg e no nosso estudo foi de 82,5 kg. Todavia, ao relativizarmos o pico de potência absoluta, para retirar o efeito da massa corporal total, observamos que os valores entre os participantes do estudo de Anousaki *et al.* (2021) e nossos participantes são próximos, mostrando que a capacidade de produção de potência entre eles é parecida.

2.2.2.3.1 Comparação da potência muscular entre os grupos

Em relação à comparação direta entre os grupos, observamos que o grupo de FA apresentou o menor valor de altura do salto, embora não tenha sido apresentada diferença significativa em relação ao grupo de TF. Os participantes do grupo de TFAI apresentaram maior valor de altura do salto, apesar de não diferirem estatisticamente do grupo de TF. Adicionalmente, nós observamos que não houve diferença significativa entre os grupos para o pico de potência normalizada pela massa muscular, embora tenham sido observadas variações de TE entre trivial e moderado.

A estratégia adotada pelos participantes de cada grupo deve ter influenciado nos resultados observados para o desempenho de potência muscular. A potência pode ser entendida como o produto entre força (de reação do solo) e velocidade (na fase concêntrica/ascendente do salto) (Kons *et al.*, 2018) e, provavelmente, os participantes do grupo de TFAI executaram o movimento em maior velocidade que os participantes dos demais grupos. Adicionalmente, a prática de movimento similar, por intermédio de exercícios que envolvem salto vertical, pode ter contribuído para melhor eficiência motora e, conseqüentemente, melhor desempenho.

Já os praticantes de TF podem não ter sido tão velozes quanto os praticantes de TFAI e, provavelmente, utilizaram-se mais da capacidade de produzir força para alcançar um bom desempenho no salto. Um ponto importante, já mencionado acima, é o fato de nesse grupo haver 5 participantes que, além de praticar treinamento de

força, também praticavam outras atividades que proporcionam melhora da potência de membros inferiores. Portanto, há a possibilidade de a ausência de diferença entre o grupo de TF e TFAI estar enviesada por essa prática de exercício adicional, não controlado no presente estudo.

O grupo de FA apresentou a menor altura do salto, mesmo com pico de potência similar aos demais grupos, aparentemente, esse grupo não conseguiu aproveitar eficientemente a força aplicada, tampouco, alcançar uma boa velocidade vertical. É importante ressaltar que essas especulações não foram acompanhadas de avaliações minuciosas da cinemática do movimento do salto com contramovimento, na verdade, são inferências baseadas apenas nas medidas provenientes do instrumento de avaliação utilizado em nosso estudo.

Por conseguinte, embora haja indícios de interferências não controladas em nosso estudo, a Hipótese 4 foi refutada, posto que não foram observadas diferenças na potência dos membros inferiores entre o grupo de TFAI e TF.

2.2.2.4 *Área de secção transversa do RF e VL*

Para o grupo de FA, nossos resultados mostraram uma AST do RF de 5,87 cm² e do VL de 19,55 cm². Resultados próximos foram observados por Earp et al. (2015), os quais relataram valores de 6,1 cm² no RF e 21,6 cm² no VL para as medidas de AST de homens fisicamente ativos. Já no estudo Mangine et al. (2014), foram observados valores de 19,9 cm² para o RF e de 39,8 cm² para o VL, porém, esses maiores valores podem estar relacionados com o procedimento metodológico adotado no estudo. Os autores realizaram uma única medida de AST, a 50% do comprimento do fêmur, contudo, o crescimento muscular não é uniforme e a magnitude do aumento da AST no ponto médio muscular é maior que a das extremidades proximal e distal (JORGENSEN; PHILLIPS; HORNBERGER, 2020).

Para o grupo de TFAI foram observados valores de 8,73 cm² e 28,01 cm² para a AST do RF e do VL, respectivamente. No estudo de Mangine et al. (2020a) foram relatados valores de 15,6 cm² para o RF e de 38,2 cm² para o VL, e no estudo Mangine et al. (2020b) foram relatados valores de 13,2 cm² para o RF e 34,3 cm² para o VL. Essa discrepância nos resultados pode ser explicada pelo nível de treinamento dos participantes, uma vez que em nosso estudo avaliamos praticantes de CrossFit®, porém Mangine et al. (2020a) avaliaram homens que tinham 3,3 anos de experiência

com CrossFit® e 8,1 anos de experiência na prática do treinamento de força, enquanto Mangine et al. (2020b) avaliaram atletas que, inclusive, possuíam experiência de 1 a 6 anos com o CrossFit *Open*.

Para o grupo de TF encontramos valores de 7,93 cm² e 26,99 cm² para a AST do RF e do VL, respectivamente. Mangine et al. (2018) relataram valores acima daqueles observados em nosso estudo, com média de 15,4 cm² e 38,2 cm² para o RF e VL, respectivamente, contudo, os participantes desse estudo possuíam maior tempo de prática (5,7 anos) no treinamento de força em comparação aos participantes do nosso estudo. Diferentemente, Zaras et al. (2020) apresentaram valores próximos aos nossos resultados, após submeterem homens ao treinamento de força com enfoque nos membros inferiores. Após o treinamento, os participantes apresentaram valores de 9,7 cm² para a AST do RF e de 21,8 cm² para AST do VL.

2.2.2.4.1 Comparação da área de secção transversa entre os grupos

Com relação à comparação entre os grupos, podemos relatar que as medidas da AST são um reflexo das adaptações morfológicas experienciadas em cada método de treinamento, as quais estão relacionadas com a hipertrofia (HAUN *et al.*, 2019). A hipertrofia pode ser operacionalmente definida como um aumento da AST axial da fibra muscular ou do músculo como um todo (SCHOENFELD *et al.*, 2021a). O estresse mecânico proveniente de programas de treinamento, que incluem exercícios de força em sua prescrição, induzem à hipertrofia muscular, cujo fenômeno pode ser inferido por meio do aumento da AST (JORGENSEN; PHILLIPS; HORNBERGER, 2020; SCHOENFELD *et al.*, 2021a). Isso explicaria o fato de os participantes do grupo de TFAI e TF apresentarem maiores valores de AST do RF e do VL, quando comparado aos participantes do grupo de FA.

Assim, a segunda parte da Hipótese 1 também é confirmada, ou seja, não somente o AP, a EM, mas também a AST do RF e do VL não diferem entre os praticantes de TFAI e TF.

2.2.2.5 *Volume muscular*

Foi observado que o grupo de FA apresentou menor valor de volume muscular quando comparado aos demais grupos. O volume muscular é entendido como a

quantidade de massa muscular (LIEGNELL *et al.*, 2021) e leva em consideração as medidas de comprimento total e forma do músculo (WHITTA *et al.*, 2022). Por ser uma medida que leva em consideração a heterogeneidade muscular, o volume muscular precisa de instrumentos caros como a ressonância magnética ou tomografia computadorizada para sua melhor representação *in vivo* (CHARLES; SUNTAXI; ANDERST, 2019; WHITTA *et al.*, 2022).

Na tentativa de disseminar a utilização dessa medida, métodos ecológicos foram desenvolvidos, principalmente, através de equações preditivas (LIEGNELL *et al.*, 2021). Ainda que essas equações sejam validadas, a variabilidade entre elas dificulta as comparações entre os estudos. Por exemplo, Akagi *et al.* (2018) avaliaram 20 homens jovens recreacionalmente ativos e observaram o volume muscular de 928,8 cm³; Monti *et al.* (2020) avaliaram 14 homens recreacionalmente ativos e observaram um resultado de 1867,70 cm³; enquanto, Murtagh *et al.* (2018) avaliaram jogadores de futebol profissionais e observaram valores de 2852,5cm³. Desses estudos, apenas Akagi *et al.* (2018) utilizaram a mesma equação relatada no presente estudo. Monti *et al.* (2020) recorreram a uma equação chamada de “cone truncado”, enquanto Murtagh *et al.* (2018) utilizaram a equação de Morse, Degens e Jones (2007).

Dessa maneira, à primeira vista, nossos resultados de volume muscular parecem não concordar com os dados apresentados na literatura. Todavia, a utilização de diferentes métodos nos limitou quanto às comparações, por isso, conclusões sobre esses achados devem ser olhados com cautela em relação aos demais estudos que envolvem morfologia muscular. Já em relação à comparação entre os grupos do nosso estudo, as análises são mais factíveis, pois as diferenças observadas entre eles estão relacionadas às medidas inseridas na equação de Miyatani *et al.* (2004), a qual foi utilizada para quantificar o volume muscular do quadríceps.

Nessa equação, duas medidas são determinantes: a espessura do quadríceps e o comprimento do fêmur. A espessura mensurada para os participantes do grupo de FA (3,92 cm) foi menor quando comparada à espessura dos participantes dos demais grupos (TFAI: 5,28 cm; TF: 4,75 cm), enquanto o comprimento do fêmur não apresentou diferenças substanciais entre todos esses grupos (FA: 39 cm, TFAI: 40 cm, TF: 41 cm). Nesse cenário, compreende-se porque o volume muscular dos FA é menor em relação aos demais grupos e a razão da leve diferença entre o grupo de

TFAI e TF. Essas especulações tornam-se ainda mais fortes quando observamos os procedimentos estatísticos que contribuíram para a formulação da equação, pois, de acordo com Miyatani et al. (2004), a contribuição relativa da espessura do quadríceps para a predição do volume muscular é de 41%, enquanto o comprimento do fêmur é de 37,3%.

Em resumo, as medidas de volume muscular presentes na literatura são maiores que aquelas observadas em nosso estudo, porém, a particularidade do método empregado pode influenciar na resposta para essa medida. Ao nosso conhecimento, para o grupo de TFAI, ainda não tinham sido relatadas informações quanto às medidas de volume muscular, o que torna essa informação pioneira para esse público. Por fim, as adaptações que influenciaram a espessura do quadríceps podem ter sido determinantes na diferença entre os grupos de TF e TFAI em relação ao grupo de FA.

2.2.2.6 *Correlação entre arquitetura muscular e desempenho de força máxima*

Para o grupo de TFAI, foram observadas correlações significativas entre o CF do VI, AP do RF e o desempenho de força máxima. Já para o grupo de TF foram observadas correlações entre CF do VM, AP do VI, EM do VI e o desempenho de força máxima, enquanto para o grupo de FA não foi observada nenhuma correlação significativa.

A prática de exercícios de força influencia no acréscimo do número de sarcômeros em paralelo (NARICI; FRANCHI; MAGANARIS, 2016). Dessa forma, a fibra muscular aumenta o seu tamanho a fim de acomodar mais material contrátil dentro de um espaço limitado possibilitando um aumento radial da fibra e/ou fascículo muscular (JORGENSEN; PHILLIPS; HORNBERGER, 2020). Esse aumento nos elementos geradores, assim como os não geradores de força, impulsionam um aumento da AST, que está relacionada com a EM (FRANCHI *et al.*, 2018; WISDOM; DELP; KUHL, 2015) e com o aumento do AP (ABE; KUMAGAI; BRECHUE, 2000; JORGENSEN; PHILLIPS; HORNBERGER, 2020).

Essa relação entre o aumento de material contrátil, ajuste do AP e influência na EM explica a importância desses componentes da arquitetura muscular na capacidade de produção de força (EARP *et al.*, 2015). Todavia, algo que chama a atenção é a presença de medidas do VI nos grupos de TFAI e TF. Ando et al. (2015)

avaliaram a arquitetura dos músculos do quadríceps com o objetivo de saber se alguma dessas medidas poderia prever a força de extensão do joelho. Os autores avaliaram os músculos em diferentes pontos ao longo do comprimento do fêmur e a força isométrica com auxílio de um dinamômetro isocinético. Ao final, apenas a EM e AP do VI compuseram as equações preditivas para força máxima dos extensores do joelho.

Frente a esse resultado, os autores concluíram que dentre os músculos do quadríceps, a arquitetura do VI é o melhor preditor da força de extensão do joelho. Embora o estudo de Ando et al. (2015) seja completamente diferente do nosso estudo, o objetivo de apresentar esse trabalho foi mencionar a importância do VI na produção de força. Por ser um músculo mais profundo, o VI é pouco avaliado nos estudos em geral, mas nossos resultados mostraram que sua estrutura pode contribuir positivamente para a produção de força em exercícios dinâmicos como o agachamento.

2.2.2.7 Correlação entre arquitetura muscular e desempenho de potência muscular

As análises de correlação para a potência muscular mostraram que houve correlação negativa entre o AP e a EM do VL com a altura do salto para o grupo de FA. Já para o grupo de TFAI, foram observadas correlações negativas entre o CF e EM do VL, assim como, EM do VI com o desempenho no salto, enquanto o grupo de TF experienciou correlações positivas com a EM do RF e a altura do salto, além da EM do RF e EM do VI com o pico de potência.

Quanto à correlação observada para o grupo de FA, o comportamento do AP pode ser explicado pelo estudo de Hollville et al. (2020). Nesse estudo, os autores acompanharam o comportamento do AP do VL durante o salto com contramovimento, e observaram que o AP diminui na fase descendente do salto, influenciando o fascículo a encontrar seu comprimento ótimo para produção de força durante a impulsão. Dada a correlação negativa observada para o grupo de FA, possivelmente, os menores AP do VL conseguiram prover aos fascículos um comprimento ótimo que coincidiu com o momento de impulsão do salto, que levou os participantes com menores AP a alcançar as maiores alturas do salto vertical.

Esse, também, pode ser o contexto para explicação do comportamento do CF no grupo de TFAI. Nikolaidou et al. (2017) relataram que os fascículos aumentam seu comprimento durante a fase descendente, mas, ao iniciar a fase de impulsão, eles operam em direção ao seu comprimento ótimo para a geração de força. Nesse sentido, parece razoável inferir que esse comprimento ótimo foi alcançado pelos fascículos com menor comprimento entre os participantes do grupo de TFAI. Dessa forma, aqueles com menores CF apresentaram o melhor desempenho na altura do salto, o que explicaria a correlação negativa entre essas medidas.

Uma vez que o comportamento dos componentes como AP e CF podem influenciar na EM (ABE; KUMAGAI; BRECHUE, 2000; KAWAKAMI; ABE; FUKUNAGA, 1993a), compreende-se a presença de correlações negativas da EM, observadas em ambos os grupos, em relação ao desempenho no salto com contramovimento. Diferentemente, o grupo de TF apresentou correlações positivas da EM com altura do salto e pico de potência e, assim como foi relatado acima, o comportamento do AP e CF podem ter influenciado nessas correlações.

Provavelmente, as correlações positivas são em decorrência do oposto daquilo que foi observado para os grupos de FA e TFAI. Os componentes do RF e do VI, dos participantes do grupo de TF, apresentaram um arranjo estrutural favorável para a produção de força no momento coincidente com o momento de impulsão vertical e, em decorrência desse arranjo, correlações positivas foram observadas entre as estruturas desses músculos e a altura do salto e pico de potência.

É importante relatar que essas inferências são baseadas apenas nos resultados obtidos em nosso estudo. Isso porque a literatura é escassa quanto à correlação dos diferentes componentes da arquitetura muscular e o desempenho no salto. Esse cenário se dá principalmente em decorrência do maior número de estudos que buscam relações entre diferentes tipos de salto e a arquitetura muscular do VL, limitando o conhecimento quanto ao comportamento, e possíveis explicações, dos demais músculos e o desempenho no salto vertical (RUIZ-CÁRDENAS; RODRÍGUEZ-JUAN; RÍOS-DÍAZ, 2018).

2.2.2.8 Correlação entre a AST do RF e VL e o desempenho de força máxima

Não foi observada correlação significativa entre a AST do RF e o desempenho de força máxima no agachamento para nenhum dos grupos avaliados. Em

contrapartida, nossos resultados mostraram correlação significativa entre a AST do VL e o desempenho no teste de 1RM para os participantes do grupo de TF.

Esses resultados são similares àqueles relatados por Kojic et al. (2021), os quais não observaram correlação significativa da força máxima no agachamento e a AST do RF ($r = 0,408$, $p = 0,117$). Contudo, os autores observaram correlações significativas com a AST do VM ($r = 0,754$, $p = 0,001$) e o VL ($r = 0,669$, $p = 0,005$). A literatura apresenta que o RF é menos ativo e participativo no exercício de agachamento quando comparado ao VM e VL (SLATER; HART, 2017). Isso, possivelmente, deve-se à natureza biarticular do RF, que além de cruzar a articulação do joelho também cruza a articulação do quadril (RIBEIRO *et al.*, 2023), dessa forma, o RF parece não contribuir significativamente para a extensão do joelho quando no movimento também ocorre a flexão do quadril.

Por outro lado, Suchomel e Stone (2017) relataram que a AST do VL pode influenciar positivamente no desempenho do teste máximo no agachamento. Além disso, assim como os demais vastos, o VL é bastante ativo durante o agachamento (RIBEIRO *et al.*, 2023), e juntamente com o VM atua como moderador das forças laterais e medias na articulação do joelho, trabalhando de forma sinérgica para a estabilização da patela (LEE *et al.*, 2022; MAUDRICH *et al.*, 2022). Isso explicaria a correlação entre a AST do VL e desempenho de força máxima para o grupo de TF.

Quanto ao grupo de TFAI, apesar de não significativa, foi observada uma correlação com TE classificado como moderado. Ao avaliar os dados individualmente, foi observado que as maiores e menores AST não correspondiam com as maiores e menores cargas, respectivamente. Nesse cenário, alguns fatores podem ter influenciado nessa correlação, como: a qualidade muscular entre os participantes do grupo de TFAI (KUSCHEL; SONNENBURG; ENGEL, 2022), a coordenação intramuscular e (MAUDRICH *et al.*, 2022) a mudança no padrão de movimento frente ao desempenho de uma tarefa executada com auxílio de uma máquina (aparelho *Smith*).

Yavuz e Erdag (2017) relataram que o agachamento realizado a 100% da carga máxima diminui a inclinação do tronco para frente durante a fase ascendente, aumentando o braço de momento para os extensores do quadril, e influenciando na extensão precoce dos músculos dessa articulação em relação ao joelho. Enfim, tomados em conjunto, todos os fatores citados podem ter contribuído negativamente

no desempenho dos participantes do TFAI e, conseqüentemente, subestimado a carga potencial que esses participantes poderiam alcançar.

Em relação ao grupo de FA, a ausência de correlação entre a AST do VL e o desempenho na força máxima pode estar relacionada à ausência da prática do agachamento além da utilização de um aparelho para realizar esse movimento. Embora tenha sido realizada familiarização prévia com os participantes, os ganhos na AST dos participantes desse grupo não foram em decorrência da prática do agachamento e suas variantes. Suchomel e Stone (2017) já haviam mencionado sobre esses fatores, relatando que o aumento da AST de um músculo, frente a uma tarefa específica, pode levar a maior capacidade de produção de força máxima desse músculo na mesma tarefa ou em tarefas semelhantes.

2.2.2.9 *Correlação entre a AST do RF e VL com o desempenho de potência muscular*

Para a potência muscular, foi observado que não houve correlação da AST do RF e VL com a altura do salto e potência pico para os participantes do grupo de FA. Diferentemente, a AST do RF e VL apresentou correlação negativa com a altura do salto para os participantes do grupo de TFAI, enquanto a AST do RF apresentou correlação positiva com a altura do salto e potência pico para os participantes do grupo de TF.

A altura do salto e potência pico são considerados um dos principais indicadores de níveis de potência muscular dos membros inferiores (KONS *et al.*, 2018) e, diferentes estratégias podem ser utilizadas no desempenho do salto vertical. Campos Júnior, Leporace e Maior (2019) avaliaram atletas de diferentes modalidades esportivas e observaram que jogadores de futebol e atletas de artes marciais mistas (MMA) apresentavam similaridade quanto à altura do salto, porém, enquanto os atletas de MMA aplicavam maior força na fase de impulsão no salto com contramovimento, os jogadores de futebol recorriam a outras estratégias neuromusculares para um bom desempenho no mesmo tipo de salto.

Nesse contexto, depreende-se que a AST do RF e do VL parecem não influenciar no desempenho do salto de praticantes de TFAI. A inserção e prática de exercícios pliométricos ou que enfatizam saltos verticais podem auxiliar esses praticantes na utilização mais eficiente da energia elástica, a qual reflete no bom

desempenho de salto (VAN HOOREN; ZOLOTARJOVA, 2017). Outra possibilidade, porém, não avaliada em nosso estudo, pode ser a utilização da velocidade do movimento ao seu favor, a fim de alcançar condições ideais na curva força velocidade para produzir maior potência muscular e melhorar seu desempenho no salto com contramovimento (SEOW; SEOW, 2022).

Para o grupo de TF, além da correlação positiva da altura do salto e a potência pico do salto com a AST do RF, também pôde ser observada correlação moderada e grande da AST do VL e altura do salto e pico de potência, respectivamente. Esse cenário indica que a AST parece contribuir para um bom desempenho no salto vertical para os participantes do grupo de TF. Assim, aquelas adaptações observadas na arquitetura muscular do RF e VL, em decorrência do acréscimo de material contrátil, podem auxiliar na estratégia do grupo de TF a imprimir maior força durante a fase de impulsão para realizar o salto vertical.

É importante relatar que a participação do RF durante o salto com contramovimento é discutível na literatura e, por isso, maiores aprofundamentos sobre os resultados observados em nosso estudo podem ser motivos de novas pesquisas. Enfim, possivelmente, a correlação observada entre a AST do RF e o desempenho no salto para o grupo de TF pode ter sido em decorrência da estratégia dos participantes desse grupo de utilizar a força muscular durante a fase de impulsão. Contudo, essa estratégia não é eficiente, o que explicaria o fato de os participantes desse grupo não terem alcançado valores iguais aos alcançados pelos participantes do grupo de TFAI para altura do salto e potência pico.

Nesse cenário, confirmamos a hipótese 5 levantada nesse estudo, uma vez que observamos a correlação entre a AST do VL e a potência dos membros inferiores, apenas para os praticantes de TFAI.

2.2.2.10 Correlação entre volume muscular do quadríceps e o desempenho de força máxima e potência muscular

Em nosso estudo não foram observadas correlações significativas entre o volume muscular e a força máxima ou potência muscular. Esses resultados parecem contrastar com aqueles presentes na literatura, visto que já foi relatado que o volume muscular é fortemente correlacionado com a capacidade de produzir torque ou força

muscular (FUKUNAGA *et al.*, 2001), além de alguns estudos observarem correlações significativas entre o desempenho no salto vertical e o volume do quadríceps.

O volume muscular busca representar a quantidade de massa de um dado músculo levando em consideração a heterogeneidade das áreas ao longo do seu comprimento (HAUN *et al.*, 2019; LIEGNELL *et al.*, 2021). Como citado anteriormente, essa medida é de difícil mensuração e, por isso, equações matemáticas têm sido propostas (LIEGNELL *et al.*, 2021). Em nosso estudo, utilizamos a equação de Miyatani *et al.* (2004) cuja contribuição relativa da espessura do quadríceps é de 41% para a predição do volume muscular.

A espessura do quadríceps, para essa equação, é entendida como a soma da EM do RF e VI a 50% do comprimento do fêmur. Todavia, alguns achados na literatura apresentam que os maiores contribuintes para o volume do quadríceps são o VL e o VI (KUBO; IKEBUKURO; YATA, 2019), nesse sentido, a equação utilizada em nossa pesquisa pode não ter contemplado o real valor do volume muscular dos participantes. Adicionalmente, diferente de outros estudos que utilizam ressonância magnética, o volume muscular foi baseado em apenas um ponto do músculo e isso pode ter enviesado nosso resultado.

Apesar da literatura apresentar correlações entre o volume muscular e medidas de desempenho, alguns detalhes precisam ser destacados. Akagi *et al.* (2020) observaram correlação do volume muscular do VL e VI e a força muscular dos extensores do joelho após 8 semanas de treinamento de agachamento. Todavia, a medida de força mensurada foi o torque isométrico e o volume muscular foi mensurado por ressonância magnética. Bchini *et al.* (2023) mostraram correlação entre o volume dos membros inferiores e a altura do salto com contramovimento ($r = 0,70$), porém, a equação utilizada estimou o volume do membro inferior como um todo, ou seja, a participação de todos os músculos da coxa e da perna.

Nesse sentido, as correlações devem ser observadas com cuidado, pois, a estimativa pode influenciar na correlação observada, assim como, a avaliação utilizada pode não representar o contexto real do programa de treinamento, que em sua grande maioria é composta por exercícios dinâmicos e multiarticulares. Por conseguinte, rejeitamos a hipótese 6, pois, não foram observadas correlações entre a EM, AST e volume muscular do VL com o desempenho de força máxima, independentemente do grupo.

2.2.2.11 *Limitações do estudo*

Apesar do presente estudo contribuir com a literatura em novas informações sobre arquitetura, qualidade e morfologia muscular e desempenho físico de praticantes de TFAI e TF, existem algumas limitações que precisam ser relatadas.

O foco do presente estudo foi avaliar os aspectos relacionados a adaptações morfológicas da musculatura esquelética. Todavia, sabe-se que mesmo escolhendo os melhores protocolos, procedimentos e avaliadores experientes para a aquisição e tratamento das imagens do ultrassom, ainda há a possibilidade de vieses em decorrência da utilização de certos instrumentos e decisões a partir do julgamento do avaliador. Além disso, vale a pena mencionar que, embora não tenha sido o enfoque desse estudo, as inferências sobre o desempenho físico foram baseadas nas adaptações na musculatura, sem levar em consideração a influência dos aspectos neurais.

Quanto ao público alvo do presente estudo, a ausência de controle da história de treinamento dos participantes pode ter sido um fator interveniente. Apesar de vários critérios de inclusão e exclusão elencados, adaptações crônicas provenientes de exercícios físicos realizados a longo prazo não puderam ser descartadas. Isso é uma limitação, porém, retrata a realidade de muitos praticantes, que migram ou experienciam diferentes tipos de treinamento ao longo da vida, ou que praticam modalidades esportivas associadas a prática do exercício físico sistemático.

O volume de treinamento pode ter influenciado nos resultados observados, principalmente para aqueles do TFAI e TF. Os praticantes de TFAI tinham maior número e duração das sessões de treinamento em relação aqueles do TF, nesse sentido, esse maior volume pode ter contribuído de alguma forma para ausência de diferença entre esses dois grupos. Todavia, essa especulação só poderá ser confirmada através de um estudo longitudinal que equalizem o volume entre esses métodos de treinamento.

O desenho do estudo é um fator a ser levado em consideração dada sua natureza transversal. Esse tipo de estudo não consegue controlar todas as exposições sofridas pelos participantes, assim como, dificulta as inferências de causalidade entre adaptação e exposição. Ainda assim, o desenho do estudo proporcionou uma visão geral sobre as adaptações na musculatura, o desempenho físico alcançado pelos praticantes dos dois tipos de treinamentos, bem como a relação entre essas

características – adaptação e desempenho – o que pode incentivar futuros estudos maior aprofundamento sobre essa relação em desenhos longitudinais de pesquisa.

2.2.2.12 *Contribuições do estudo*

Na literatura, poucos estudos têm relatado informações sobre a arquitetura muscular do quadríceps em praticantes experientes em TFAI. Nesse sentido, o presente estudo adiciona novas informações sobre essa temática e apresenta informações do VI que, ao nosso conhecimento, ainda não havia sido descrito quanto à sua arquitetura para praticantes de TFAI. Adicionalmente, os estudos que abordaram a arquitetura muscular, não realizaram comparações com um grupo de indivíduos praticantes apenas de TF. Assim, nossos achados colaboram com informações sobre as semelhanças observadas na musculatura esquelética de praticantes experientes em TFAI e TF.

Correlações da arquitetura muscular e desempenho em diferentes WODs já haviam sido relatadas anteriormente, porém, um WOD é composto de um conjunto de exercícios, logo, correlações entre habilidades físicas inferidas por meio de testes específicos e a arquitetura muscular, ainda não haviam sido relatadas. Nesse cenário, este estudo contribuiu com informações sobre a relação da arquitetura muscular e o desempenho de força máxima e potência muscular de membros inferiores. Essas informações inclusive levaram a especulações de que a relação entre componentes da arquitetura muscular e o desempenho físico parecem ser diferentes entre praticantes de TFAI e TF.

Assim, com base nos resultados obtidos em nosso estudo, não confirmamos a existência de um efeito de interferência nas adaptações de arquitetura e morfologia muscular, bem como, uma influência negativa das adaptações que prejudicassem o desempenho de força e potência muscular de praticantes de TFAI. De porte dessas evidências, futuras pesquisas de caráter longitudinal podem confirmar os resultados encontrados em nosso estudo e monitorar as relações observadas entre arquitetura muscular e desempenho físico. Além disso, essas pesquisas podem avaliar como a prescrição do treinamento contribui para essas relações e adicionar avaliações neurais ao conjunto medidas, pois, dessa forma, unindo aspectos neuromusculares, poderão ser traçados quais os fatores determinantes para o melhor desempenho de força máxima e potência muscular entre praticantes de TFAI e TF.

3 CONCLUSÃO

A arquitetura e a qualidade dos músculos do quadríceps entre os praticantes de TFAI e TF são semelhantes, assim como, em relação a morfologia muscular, esses praticantes também apresentam similaridade, tanto para o volume do quadríceps como para a AST do RF e do VL. O desempenho para ambos os grupos não difere para a força máxima e para a potência de membros inferiores. Independentemente do desempenho físico, seja força ou potência dos membros inferiores, os praticantes de ambos os tipos de treinamento parecem recorrer a diferentes estratégias para alcançar o seu desempenho máximo.

Para a força máxima, parece que o CF do VM, além do AP e EM do VI auxiliam na produção de força daqueles praticantes de TF, enquanto que o CF do VI e o AP do RF auxiliam aqueles que praticam TFAI. Um bom desempenho no salto vertical para os praticantes de TF parece ser influenciado pela EM do VI e do RF, enquanto o CF e EM do VL, além da EM do VI influenciam no desempenho do salto para os praticantes de TFAI. A AST do VL parece contribuir no desempenho de força máxima para os praticantes TF, assim como, a AST do RF influencia no desempenho de salto vertical. Por outro lado, a AST do RF e VL parece influenciar apenas no desempenho do salto vertical para os praticantes de TFAI

Assim, levando-se em consideração as similaridades entre os métodos de treinamento nos diferentes aspectos musculares e de desempenho, não confirmamos a existência de um efeito de interferência na prática do TFAI.

3.1 APLICAÇÕES PRÁTICAS

As adaptações na arquitetura, qualidade e morfologia muscular são similares entre praticantes de TFAI e TF. Nesse sentido, a inserção de algumas sessões de TFAI, ao longo da periodização de praticantes de TF, pode proporcionar o condicionamento de outras capacidades físicas como resistência cardiorrespiratória e flexibilidade, assim como ganhos na mobilidade articular. Para aqueles praticantes que se queixam de monotonia no TF, a inserção de algumas sessões de TFAI pode auxiliar no engajamento da prática do exercício físico, sem a preocupação de interferência nas adaptações musculoesqueléticas para ganhos de força. Os praticantes de TFAI podem se beneficiar de sessões específicas de TF para melhorar ainda mais seu condicionamento muscular do quadríceps, todavia, o programa de TFAI parece influenciar bem mais positivamente nos ganhos de potência muscular dos membros inferiores.

REFERÊNCIAS

- AAGAARD, P.; ANDERSEN, J. L.; DYHRE-POULSEN, P.; LEFFERS, A. M.; WAGNER, A.; PETER MAGNUSSON, S.; HALKJÆR-KRISTENSEN, J.; SIMONSEN, E. B. A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: Changes in muscle architecture. **Journal of Physiology**, v. 534, n. 2, p. 613–623, 15 jul. 2001.
- ABE, T.; KUMAGAI, K.; BRECHUE, W. F. Fascicle length of leg muscles is greater in sprinters than distance runners. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 32, n. 6, p. 1125–1129, 2000.
- ACHE-DIAS, J.; DAL PUPO, J.; GHELLER, R. G.; KÜLKAMP, W.; MORO, A. R. P. Power Output Prediction From Jump Height and Body Mass Does Not Appropriately Categorize or Rank Athletes. **Journal of strength and conditioning research**, v. 30, n. 3, p. 818–824, 1 mar. 2016.
- ADAMI, P. E.; ROCCHI, J. E.; MELKE, N.; MACALUSO, A. Physiological profile of high intensity functional training athletes. **Journal of Human Sport and Exercise**, v. 16, n. 3, p. 1–14, 2020.
- AKAGI, R.; SATO, S.; HIRATA, N.; IMAIZUMI, N.; TANIMOTO, H.; ANDO, R.; EMA, R.; HIRATA, K. Eight-Week Low-Intensity Squat Training at Slow Speed Simultaneously Improves Knee and Hip Flexion and Extension Strength. **Frontiers in Physiology**, v. 11, p. 893, 24 jul. 2020.
- AKAGI, R.; SUZUKI, M.; KAWAGUCHI, E.; MIYAMOTO, N.; YAMADA, Y.; EMA, R. Muscle size-strength relationship including ultrasonographic echo intensity and voluntary activation level of a muscle group. **Archives of gerontology and geriatrics**, v. 75, p. 185–190, 1 mar. 2018.
- ALEGRE, L. M.; JIMÉNEZ, F.; GONZALO-ORDEN, J. M.; MARTÍN-ACERO, R.; AGUADO, X. Effects of dynamic resistance training on fascicle length and isometric strength. **Journal of sports sciences**, v. 24, n. 5, p. 501–508, 2006.
- ALEGRE, L. M.; LARA, A. J.; ELVIRA, J. L. L.; AGUADO, X. Muscle morphology and jump performance: gender and intermuscular variability. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 49, n. 3, p. 320–6, set. 2009.
- ANDO, R.; SAITO, A.; UMEMURA, Y.; AKIMA, H. Local architecture of the vastus intermedius is a better predictor of knee extension force than that of the other quadriceps femoris muscle heads. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 35, n. 5, p. 376–382, 1 set. 2015.
- ANDROULAKIS-KORAKAKIS, P.; FISHER, J. P.; STEELE, J. The Minimum Effective Training Dose Required to Increase 1RM Strength in Resistance-Trained Men: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 50, n. 4, p. 751–765, 1 abr. 2020.

ANOUSAKI, E.; ZARAS, N.; STASINAKI, A.-N.; PANIDI, I.; TERZIS, G.; KARAMPATOS, G. Effects of a 25-Week Periodized Training Macrocycle on Muscle Strength, Power, Muscle Architecture, and Performance in Well-Trained Track and Field Throwers. **Journal of strength and conditioning research**, v. 35, n. 10, p. 2728–2736, out. 2021.

ANVISA. **NOTA TÉCNICA Nº 47/2020/SEI/COSAN/GHCOS/DIRE3/ANVISA**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/arquivos-noticias-anvisa/586json-file-1>>. Acesso em: 9 jun. 2021.

APRÓ, W.; MOBERG, M.; HAMILTON, D. L.; EKBLUM, B.; VAN HALL, G.; HOLMBERG, H.-C.; BLOMSTRAND, E. Resistance exercise-induced S6K1 kinase activity is not inhibited in human skeletal muscle despite prior activation of AMPK by high-intensity interval cycling. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 308, n. 6, p. E470–E481, 15 mar. 2015.

ARABATZI, F.; KELLIS, E. Olympic Weightlifting Training Causes Different Knee Muscle–Coactivation Adaptations Compared with Traditional Weight Training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 8, p. 2192–2201, ago. 2012.

BARBIERI, J. F.; CORREIA, R. F.; CASTAÑO, L. A. A.; BRASIL, D. V. C.; RIBEIRO, A. N. Comparative and correlational analysis of the performance from 2016 crossfit games high-level athletes. **Manual Therapy, Posturology & Rehabilitation Journal**, p. 1–4, 13 jul. 2020.

BARFIELD, J.; ANDERSON, A. Effect of CrossFit™ on Health-related Physical Fitness: A Pilot Study. **J Sport Human Perf**, v. 2, n. 1, p. 23–28, 29 jun. 2014.

BARRANCO-RUIZ, Y.; VILLA-GONZÁLEZ, E.; MARTÍNEZ-AMAT, A.; DA SILVA-GRIGOLETTO, M. E. Prevalence of Injuries in Exercise Programs Based on Crossfit®, Cross Training and High-Intensity Functional Training Methodologies: A Systematic Review. **Journal of Human Kinetics**, v. 73, n. 1, p. 251–265, 21 jul. 2020.

BARTOLOMEI, S.; GRILLONE, G.; DI MICHELE, R.; CORTESI, M. A Comparison between Male and Female Athletes in Relative Strength and Power Performances. **Journal of functional morphology and kinesiology**, v. 6, n. 1, 1 mar. 2021.

BCHINI, S.; HAMMAMI, N.; SELMI, T.; ZALLEG, D.; BOUASSIDA, A. Influence of muscle volume on jumping performance in healthy male and female youth and young adults. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation 2023 15:1**, v. 15, n. 1, p. 1–11, 6 mar. 2023.

BELLAR, D.; HATCHETT, A.; JUDGE, L. W.; BREAUX, M. E.; MARCUS, L. The relationship of aerobic capacity, anaerobic peak power and experience to performance in CrossFit exercise. **Biology of Sport**, v. 32, n. 4, p. 315–320, 2015.

BEN-ZEEV, T.; HIRSH, T.; WEISS, I.; GORNSTEIN, M.; OKUN, E. The Effects of High-intensity Functional Training (HIFT) on Spatial Learning, Visual Pattern

Separation and Attention Span in Adolescents. **Frontiers in Behavioral Neuroscience**, v. 14, 14 set. 2020.

BEN-ZEEV, T.; OKUN, E. High-Intensity Functional Training: Molecular Mechanisms and Benefits. **NeuroMolecular Medicine**, v. 1, p. 3, 1 jan. 2021.

BERNING, J. M.; ADAMS, K. J.; DEBELISO, M.; SEVENE-ADAMS, P. G.; HARRIS, C.; STAMFORD, B. A. Effect of functional isometric squats on vertical jump in trained and untrained men. **Journal of strength and conditioning research**, v. 24, n. 9, p. 2285–2289, set. 2010.

BERRYMAN, N.; MUJIK, I.; BOSQUET, L. Concurrent Training for Sports Performance: The 2 Sides of the Medal. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 14, n. 3, p. 279–285, 1 mar. 2019.

BLAZEVIČ, A. J.; CANNAN, D.; COLEMAN, D. R.; HORNE, S. Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles. **Journal of Applied Physiology**, v. 103, n. 5, p. 1565–1575, nov. 2007.

BOLSTER, D. R.; KUBICA, N.; CROZIER, S. J.; WILLIAMSON, D. L.; FARRELL, P. A.; KIMBALL, S. R.; JEFFERSON, L. S. Immediate Response of Mammalian Target of Rapamycin (mTOR)-Mediated Signalling Following Acute Resistance Exercise in Rat Skeletal Muscle. **The Journal of Physiology**, v. 553, n. 1, p. 213–220, 15 nov. 2003.

BROWNE, J. D.; CARTER, R.; ROBINSON, A.; WALDRUP, B.; ZHANG, G.; CARRILLO, E.; DINH, M.; ARNOLD, M. T.; HU, J.; NEUFELD, E. V.; DOLEZAL, B. A. Not All HIFT Classes Are Created Equal: Evaluating Energy Expenditure and Relative Intensity of a High-Intensity Functional Training Regimen. **International journal of exercise science**, v. 13, n. 4, p. 1206–1216, 2020.

BRYANTON, M. A.; KENNEDY, M. D.; CAREY, J. P.; CHIU, L. Z. F. Effect of Squat Depth and Barbell Load on Relative Muscular Effort in Squatting. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 10, p. 2820–2828, out. 2012.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part II: Anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. **Sports Medicine**, v. 43, n. 10, p. 927–954, out. 2013.

BULL, F. C.; AL-ANSARI, S. S.; BIDDLE, S.; BORODULIN, K.; BUMAN, M. P.; CARDON, G.; CARTY, C.; CHAPUT, J.-P.; CHASTIN, S.; CHOU, R.; DEMPSEY, P. C.; DIPIETRO, L.; EKELUND, U.; FIRTH, J.; FRIEDENREICH, C. M.; GARCIA, L.; GICHU, M.; JAGO, R.; KATZMARZYK, P. T.; LAMBERT, E.; LEITZMANN, M.; MILTON, K.; ORTEGA, F. B.; RANASINGHE, C.; STAMATAKIS, E.; TIEDEMANN, A.; TROIANO, R. P.; VAN DER PLOEG, H. P.; WARI, V.; WILLUMSEN, J. F. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. **British Journal of Sports Medicine**, v. 54, n. 24, p. 1451–1462, 1 dez. 2020.

BUTCHER, S.; NEYEDLY, T.; HORVEY, K.; BENKO, C. Do physiological measures

predict selected CrossFit® benchmark performance? **Open Access Journal of Sports Medicine**, v. 6, p. 241, jul. 2015.

CAMPOS JUNIOR, J. C. de; LEPORACE, G.; MAIOR, A. S. Countermovement Jump Test Performance in Different Sports Modalities. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 22, n. 5, p. 172–183, 1 out. 2019.

CARLOCK, J. M.; SMITH, S. L.; HARTMAN, M. J.; MORRIS, R. T.; CIROSLAN, D. A.; PIERCE, K. C.; NEWTON, R. U.; HARMAN, E. A.; SANDS, W. A.; STONE, M. H. The Relationship Between Vertical Jump Power Estimates and Weightlifting Ability: A Field-Test Approach. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 3, p. 534, 2004.

CARREKER, J. D.; GROSICKI, G. J. Physiological Predictors of Performance on the CrossFit “Murph” Challenge. **Sports**, v. 8, n. 7, p. 1–12, 28 jun. 2020.

CARROLL, T. J.; RIEK, S.; CARSON, R. G. Neural Adaptations to Resistance Training. **Sports Medicine**, v. 31, n. 12, p. 829–840, 13 nov. 2001.

CHANG, Y. H.; CHOU, Y. C.; CHANG, Y. C.; TAN, K. H.; WU, M. H. The Effects of High-Intensity Power Training versus Traditional Resistance Training on Exercise Performance. **International journal of environmental research and public health**, v. 19, n. 15, 1 ago. 2022.

CHARLES, J. P.; SUNTAXI, F.; ANDERST, W. J. In vivo human lower limb muscle architecture dataset obtained using diffusion tensor imaging. **PLOS ONE**, v. 14, n. 10, p. e0223531, 1 out. 2019.

CHUKHLANTSEVA, N.; CHEREDNYCHENKO, I.; KEMKINA, V. The influence of high-intensity functional training versus resistance training on the main physical fitness indicators in women aged 25-35 years. **TRENDS IN SPORT SCIENCES**, v. 27, n. 3, p. 157–165, 2020.

ÇINARLI, F. S.; KAFKAS, M. E.; YILDIRIM, T. Comparison of rectus femoris architecture and somatotype between well-trained bodybuilders and soccer players. **Spor Hekimliği Dergisi**, v. 57, n. 4, p. 183–188, 1 dez. 2022.

CLAUDINO, J. G.; GABBETT, T. J.; BOURGEOIS, F.; SOUZA, H. de S.; MIRANDA, R. C.; MEZÊNCIO, B.; SONCIN, R.; CARDOSO FILHO, C. A.; BOTTARO, M.; HERNANDEZ, A. J.; AMADIO, A. C.; SERRÃO, J. C. CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Medicine - Open**, v. 4, n. 1, p. 11, 26 dez. 2018.

COFFEY, V. G.; HAWLEY, J. A. Concurrent exercise training: do opposites distract? **The Journal of Physiology**, v. 595, n. 9, p. 2883–2896, 1 maio 2017.

CORATELLA, G.; LONGO, S.; BORRELLI, M.; DORIA, C.; CÈ, E.; ESPOSITO, F. Vastus intermedius muscle architecture predicts the late phase of the knee extension rate of force development in recreationally resistance-trained men. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 23, n. 11, p. 1100–1104, 1 nov. 2020.

CORMIE, P.; MCGUIGAN, M. R.; NEWTON, R. U. Developing Maximal Neuromuscular Power. **Sports Medicine**, v. 41, n. 1, p. 17–38, 25 jan. 2011.

COSGROVE, S. J.; CRAWFORD, D. A.; HEINRICH, K. M. Multiple Fitness Improvements Found after 6-Months of High Intensity Functional Training. **Sports**, v. 7, n. 9, p. 1–13, 2 set. 2019.

COSTA, F.; FEYE, A. S. P.; MAGALLANES, C. Efectos del entrenamiento de sobrecarga tradicional vs CrossFit sobre distintas expresiones de la fuerza (Effects of traditional strength training vs CrossFit on different expressions of strength). **Retos**, v. 42, p. 182–188, 1 out. 2021.

D'ANTONA, G.; LANFRANCONI, F.; PELLEGRINO, M. A.; BROCCA, L.; ADAMI, R.; ROSSI, R.; MORO, G.; MIOTTI, D.; CANEPARI, M.; BOTTINELLI, R. Skeletal muscle hypertrophy and structure and function of skeletal muscle fibres in male body builders. **The Journal of Physiology**, v. 570, n. Pt 3, p. 611, 2 fev. 2006.

DAVIS, J. F.; KHIR, A. W.; BARBER, L.; REEVES, N. D.; KHAN, T.; DELUCA, M.; MOHAGHEGHI, A. A. The mechanisms of adaptation for muscle fascicle length changes with exercise: Implications for spastic muscle. **Medical Hypotheses**, v. 144, p. 1–5, 1 nov. 2020.

DESCHENES, M. R.; KRAEMER, W. J. Performance and Physiologic Adaptations to Resistance Training. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 81, p. S3–S16, 1 nov. 2002.

DETANICO, D.; KONS, R. L.; DA SILVA JUNIOR, J. N.; BITTENCOURT, D. L.; GHELLER, R. G. Health-related body composition and muscle strength in Brazilian Jiu-Jitsu practitioners. **Sport Sciences for Health**, v. 17, n. 2, p. 291–297, 1 jun. 2021.

DEXHEIMER, J. D.; SCHROEDER, E. T.; SAWYER, B. J.; PETTITT, R. W.; AGUINALDO, A. L.; TORRENCE, W. A. Physiological Performance Measures as Indicators of CrossFit® Performance. **Sports**, v. 7, n. 4, p. 1–13, 22 abr. 2019.

EARP, J. E.; NEWTON, R. U.; CORMIE, P.; BLAZEVIK, A. J. Inhomogeneous Quadriceps Femoris Hypertrophy in Response to Strength and Power Training. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 47, n. 11, p. 2389–2397, 1 nov. 2015.

EMA, R.; AKAGI, R.; WAKAHARA, T.; KAWAKAMI, Y. Training-induced changes in architecture of human skeletal muscles: Current evidence and unresolved issues. **The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine**, v. 5, n. 1, p. 37–46, 25 mar. 2016.

EMA, R.; WAKAHARA, T.; MIYAMOTO, N.; KANEHISA, H.; KAWAKAMI, Y. Inhomogeneous architectural changes of the quadriceps femoris induced by resistance training. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 11, p. 2691–2703, 15 nov. 2013.

ERSKINE, R. M.; JONES, D. A.; WILLIAMS, A. G.; STEWART, C. E.; DEGENS, H. Resistance training increases in vivo quadriceps femoris muscle specific tension in young men. **Acta physiologica (Oxford, England)**, v. 199, n. 1, p. 83–89, maio 2010.

ESCAMILLA, R. F. Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 1, p. 127–141, jan. 2001.

FAELLI, E.; BISIO, A.; CODELLA, R.; FERRANDO, V.; PERASSO, L.; PANASCI, M.; SAVERINO, D.; RUGGERI, P. Acute and Chronic Catabolic Responses to CrossFit® and Resistance Training in Young Males. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 19, p. 1–15, 30 set. 2020.

FALK NETO, J.; KENNEDY, M. The Multimodal Nature of High-Intensity Functional Training: Potential Applications to Improve Sport Performance. **Sports**, v. 7, n. 2, p. 1–14, 29 jan. 2019.

FAUL, F.; ERDFELDER, E.; LANG, A. G.; BUCHNER, A. G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behavior Research Methods**, v. 39, n. 2, p. 175–191, 2007.

FEITO, Y.; BROWN, C.; OLMOS, A. A content analysis of the High-Intensity Functional Training Literature: a look at the past and directions for the future. **Human Movement**, v. 20, n. 2, p. 1–15, 2019.

FEITO, Y.; HEINRICH, K.; BUTCHER, S.; POSTON, W. High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. **Sports**, v. 6, n. 3, p. 1–19, 7 ago. 2018.

FEITO, Y.; PATEL, P.; SAL REDONDO, A.; HEINRICH, K. Effects of Eight Weeks of High Intensity Functional Training on Glucose Control and Body Composition among Overweight and Obese Adults. **Sports**, v. 7, n. 2, p. 51, 22 fev. 2019.

FILHO, M. B.; SEBASTIÃO, R. S.; DOS, G.; FERREIRA DA SILVA, S.; BERGAMASCHINE, R.; ROSA, M.; MELO, C.; MIRANDA, R.; FILHO, M. B. Avaliação do nível de atividade física de estudantes de graduação das áreas saúde/biológica. **Rev Bras Med Esporte**, v. 13, n. 1, p. 1–4, 2007.

FINNI, T.; KOMI, P. V. Two methods for estimating tendinous tissue elongation during human movement. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 18, n. 2, p. 180–188, 2002.

FOLLAND, J. P.; WILLIAMS, A. G. The Adaptations to Strength Training. **Sports Medicine**, v. 37, n. 2, p. 145–168, 9 jan. 2007.

FRAGALA, M. S.; CADORE, E. L.; DORGO, S.; IZQUIERDO, M.; KRAEMER, W. J.; PETERSON, M. D.; RYAN, E. D. Resistance training for older adults: Position statement from the national strength and conditioning association. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 33, n. 8, p. 2019–2052, 2019.

FRANCHI, M. V.; ATHERTON, P. J.; MAGANARIS, C. N.; NARICI, M. V. Fascicle length does increase in response to longitudinal resistance training and in a contraction-mode specific manner. **SpringerPlus**, v. 5, n. 1, p. 1–3, 1 dez. 2016.

FRANCHI, M. V.; LONGO, S.; MALLINSON, J.; QUINLAN, J. I.; TAYLOR, T.; GREENHAFF, P. L.; NARICI, M. V. Muscle thickness correlates to muscle cross-sectional area in the assessment of strength training-induced hypertrophy. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 28, n. 3, p. 846–853, 1 mar. 2018.

FUKUNAGA, T.; MIYATANI, M.; TACHI, M.; KOUZAKI, M.; KAWAKAMI, Y.; KANEHISA, H. Muscle volume is a major determinant of joint torque in humans. **Acta physiologica Scandinavica**, v. 172, n. 4, p. 249–255, 2001.

FUKUTANI, A.; KURIHARA, T. Comparison of the muscle fascicle length between resistance-trained and untrained individuals: cross-sectional observation. **SpringerPlus**, v. 4, n. 1, 23 dez. 2015.

FYFE, J. J.; BISHOP, D. J.; STEPTO, N. K. Interference between Concurrent Resistance and Endurance Exercise: Molecular Bases and the Role of Individual Training Variables. **Sports Medicine**, v. 44, n. 6, p. 743–762, 12 jun. 2014.

FYFE, J. J.; LOENNEKE, J. P. Interpreting Adaptation to Concurrent Compared with Single-Mode Exercise Training: Some Methodological Considerations. **Sports Medicine**, v. 48, n. 2, p. 289–297, 10 fev. 2018.

GABRIEL, D. A.; KAMEN, G.; FROST, G. Neural Adaptations to Resistive Exercise. **Sports Medicine**, v. 36, n. 2, p. 133–149, 27 nov. 2006.

GANS, C.; DE VREE, F. Functional bases of fiber length and angulation in muscle. **Journal of Morphology**, v. 192, n. 1, p. 63–85, abr. 1987.

GARBER, C. E.; BLISSMER, B.; DESCHENES, M. R.; FRANKLIN, B. A.; LAMONTE, M. J.; LEE, I.-M.; NIEMAN, D. C.; SWAIN, D. P. Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 7, p. 1334–1359, jul. 2011.

GAVANDA, S.; ISENMANN, E.; GEISLER, S.; FAIGENBAUM, A.; ZINNER, C. The Effects of High-Intensity Functional Training Compared with Traditional Strength or Endurance Training on Physical Performance in Adolescents. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 12 jan. 2022.

GÓMEZ-LANDERO, L. A.; FRÍAS-MENACHO, J. M. Analysis of Morphofunctional Variables Associated with Performance in Crossfit® Competitors. **Journal of Human Kinetics**, v. 73, n. 1, p. 83–91, 21 jul. 2020.

GRGIC, J.; MCLLVENNA, L. C.; FYFE, J. J.; SABOL, F.; BISHOP, D. J.; SCHOENFELD, B. J.; PEDISIC, Z. Does Aerobic Training Promote the Same Skeletal Muscle Hypertrophy as Resistance Training? A Systematic Review and

Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 49, n. 2, p. 233-254, fev. 2019.

GRGIC, J.; SCHOENFELD, B. J. Higher effort, rather than higher load, for resistance exercise-induced activation of muscle fibres. **The Journal of Physiology**, v. 597, n. 18, p. 4691–4692, 21 set. 2019.

GRGIC, J.; SCHOENFELD, B. J.; ORAZEM, J.; SABOL, F. Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Sport and Health Science**, p. 1–10, 23 jan. 2021.

GUO, L.; WU, Y.; LI, L. Dynamic Core Flexion Strength is Important for Using Arm-Swing to Improve Countermovement Jump Height. **Applied Sciences 2020, Vol. 10, Page 7676**, v. 10, n. 21, p. 7676, 30 out. 2020.

HADDOCK, C. K.; POSTON, W. S. C.; HEINRICH, K. M.; JAHNKE, S. A.; JITNARIN, N. The Benefits of High-Intensity Functional Training Fitness Programs for Military Personnel. **Military Medicine**, v. 181, n. 11, p. e1508–e1514, 1 nov. 2016.

HÄKKINEN, K.; ALLEN, M.; KRAEMER, W. J.; GOROSTIAGA, E.; IZQUIERDO, M.; RUSKO, H.; MIKKOLA, J.; HÄKKINEN, A.; VALKEINEN, H.; KAARAKAINEN, E.; ROMU, S.; EROLA, V.; AHTIAINEN, J.; PAAVOLAINEN, L. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. **European Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 1, p. 42–52, mar. 2003.

HAUN, C. T.; VANN, C. G.; ROBERTS, B. M.; VIGOTSKY, A. D.; SCHOENFELD, B. J.; ROBERTS, M. D. A Critical Evaluation of the Biological Construct Skeletal Muscle Hypertrophy: Size Matters but So Does the Measurement. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 1–23, 12 mar. 2019.

HEINRICH, K. M.; BECKER, C.; CARLISLE, T.; GILMORE, K.; HAUSER, J.; FRYE, J.; HARMS, C. A. High-intensity functional training improves functional movement and body composition among cancer survivors: a pilot study. **European Journal of Cancer Care**, v. 24, n. 6, p. 812–817, 1 nov. 2015.

HICKSON, R. C. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 45, n. 2–3, p. 255–263, dez. 1980.

HOLLERBACH, B. S.; COSGROVE, S. J.; DEBLAUW, J. A.; JITNARIN, N.; POSTON, W. S. C.; HEINRICH, K. M. Muscular Strength, Power, and Endurance Adaptations after Two Different University Fitness Classes. **Sports**, v. 9, n. 8, 1 ago. 2021.

HOLLVILLE, E.; RABITA, G.; GUILHEM, G.; LECOMPTE, J.; NORDEZ, A. Effects of Surface Properties on Gastrocnemius Medialis and Vastus Lateralis Fascicle Mechanics During Maximal Countermovement Jumping. **Frontiers in Physiology**, v. 11, p. 917, 31 ago. 2020.

HOPKINS, W. **New View of Statistics: Effect Magnitudes**. Disponível em: <<https://www.sportsci.org/resource/stats/effectmag.html>>. Acesso em: 3 fev. 2023.

HORNSBY, W. G.; GENTLES, J. A.; HAFF, G. G.; STONE, M. H.; BUCKNER, S. L.; DANKEL, S. J.; BELL, Z. W.; ABE, T.; LOENNEKE, J. P. What is the Impact of Muscle Hypertrophy on Strength and Sport Performance? **Strength & Conditioning Journal**, v. 40, n. 6, p. 99–111, 1 dez. 2018.

HUG, F.; MARQUESTE, T.; LE FUR, Y.; COZZONE, P. J.; GRÉLOT, L.; BENDAHAN, D. Selective training-induced thigh muscles hypertrophy in professional road cyclists. **European Journal of Applied Physiology**, v. 97, n. 5, 2006.

HUGHES, D. C.; ELLEFSEN, S.; BAAR, K. Adaptations to Endurance and Strength Training. **Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine**, v. 8, n. 6, p. 1–17, 1 jun. 2018.

HUNTER, G.; DEMMENT, R.; MILLER, D. Development of strength and maximum oxygen uptake during simultaneous training for strength and endurance - PubMed. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 27, n. 3, p. 269–275, 1987.

JABBOUR, G.; IANCU, H.-D.; PAULIN, A. Effects of High-Intensity Training on Anaerobic and Aerobic Contributions to Total Energy Release During Repeated Supramaximal Exercise in Obese Adults. **Sports Medicine - Open**, v. 1, n. 1, p. 1–9, 20 dez. 2015.

JACOB, N.; NOVAES, J. S.; BEHM, D. G.; VIEIRA, J. G.; DIAS, M. R.; VIANNA, J. M. Characterization of Hormonal, Metabolic, and Inflammatory Responses in CrossFit® Training: A Systematic Review. **Frontiers in Physiology**, v. 11, p. 1001, 28 ago. 2020.

JAJTNER, A. R.; HOFFMAN, J. R.; SCANLON, T. C.; WELLS, A. J.; TOWNSEND, J. R.; BEYER, K. S.; MANGINE, G. T.; MCCORMACK, W. P.; BOHNER, J. D.; FRAGALA, M. S.; STOUT, J. R. Performance and Muscle Architecture Comparisons Between Starters and Nonstarters in National Collegiate Athletic Association Division I Women's Soccer. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 9, p. 2355–2365, set. 2013.

JOHNSEN, E.; VAN DEN TILLAAR, R. Effects of training frequency on muscular strength for trained men under volume matched conditions. **PeerJ**, v. 9, p. 1–15, 18 fev. 2021. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34844444/>>. Acesso em: 20 maio. 2021.

JORGENSON, K. W.; PHILLIPS, S. M.; HORNBERGER, T. A. Identifying the Structural Adaptations that Drive the Mechanical Load-Induced Growth of Skeletal Muscle: A Scoping Review. **Cells**, v. 9, n. 7, 9 jul. 2020.

KAUARK, F. da S.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. **METODOLOGIA DA PESQUISA: UM GUIA PRÁTICO**. [s.l.: s.n.]v. 188 p.

KAWAKAMI, Y. The Effects of Strength Training on Muscle Architecture in Humans. **International Journal of Sport and Health Science**, v. 3, p. 208–217, 2005.

KAWAKAMI, Y.; ABE, T.; FUKUNAGA, T. Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 74, n. 6, p. 2740–2744, 1993a.

KAWAKAMI, Y.; ABE, T.; FUKUNAGA, T. Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. **Journal of Applied Physiology**, v. 74, n. 6, p. 2740–2744, 1 jun. 1993b.

KAWAKAMI, Y.; ABE, T.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. Human skeletal muscle size and architecture: variability and interdependence. **American journal of human biology : the official journal of the Human Biology Council**, v. 18, n. 6, p. 845–848, nov. 2006.

KAWAKAMI, Y.; ABE, T.; KUNO, S.-Y.; FUKUNAGA, T. Training-induced changes in muscle architecture and specific tension. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 72, n. 1–2, p. 37–43, 1995.

KHAMOUI, A. V.; BROWN, L. E.; COBURN, J. W.; JUDELSON, D. A.; URIBE, B. P.; NGUYEN, D.; TRAN, T.; EURICH, A. D.; NOFFAL, G. J. Effect of potentiating exercise volume on vertical jump parameters in recreationally trained men. **Journal of strength and conditioning research**, v. 23, n. 5, p. 1465–1469, ago. 2009.

KNUDSEN, J. R.; LI, Z.; PERSSON, K. W.; LI, J.; HENRIQUEZ-OLGUIN, C.; JENSEN, T. E. Contraction-regulated mTORC1 and protein synthesis: Influence of AMPK and glycogen. **The Journal of Physiology**, v. 598, n. 13, p. 2637–2649, 27 jul. 2020.

KOJIC, F.; ĐURIĆ, S.; RANISAVLJEV, I.; STOJILJKOVIC, S.; ILIC, V. Quadriceps femoris cross-sectional area and specific leg strength: relationship between different muscles and squat variations. **PeerJ**, v. 9, 26 nov. 2021.

KONS, R. L.; ACHE-DIAS, J.; DETANICO, D.; BARTH, J.; DAL PUPO, J. Is Vertical Jump Height an Indicator of Athletes' Power Output in Different Sport Modalities? **Journal of strength and conditioning research**, v. 32, n. 3, p. 708–715, 1 mar. 2018.

KOO, T. K.; LI, M. Y. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. **Journal of Chiropractic Medicine**, v. 15, n. 2, p. 155, 1 jun. 2016. Disponível em: </pmc/articles/PMC4913118/>. Acesso em: 3 fev. 2023.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. **Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription** *Medicine and Science in Sports and Exercise* Med Sci Sports Exerc, abr. 2004.

KRZYSZTOFIK; WILK; WOJDAŁA; GOŁAŚ. Maximizing Muscle Hypertrophy: A Systematic Review of Advanced Resistance Training Techniques and Methods. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 24, p. 1–14, 4 dez. 2019.

KUBO, K.; IKEBUKURO, T.; YATA, H. Effects of squat training with different depths on lower limb muscle volumes. **European Journal of Applied Physiology**, v. 119, n. 9, p. 1933–1942, 1 set. 2019.

KUSCHEL, L. B.; SONNENBURG, D.; ENGEL, T. Factors of Muscle Quality and Determinants of Muscle Strength: A Systematic Literature Review. **Healthcare (Basel, Switzerland)**, v. 10, n. 10, 1 out. 2022.

LACERDA, L. T.; MARRA-LOPES, R. O.; LANZA, M. B.; DINIZ, R. C. R.; LIMA, F. V.; MARTINS-COSTA, H. C.; PEDROSA, G. F.; GUSTAVO PEREIRA ANDRADE, A.; KIBELE, A.; CHAGAS, M. H. Resistance training with different repetition duration to failure: effect on hypertrophy, strength and muscle activation. **PeerJ**, v. 9, p. 1–26, 25 fev. 2021.

LAETT, C. T.; COSSICH, V.; GOES, R. A.; GAVILÃO, U.; RITES, A.; DE OLIVEIRA, C. G. Relationship between vastus lateralis muscle ultrasound echography, knee extensors rate of torque development, and jump height in professional soccer athletes. **Sport Sciences for Health**, v. 17, n. 2, p. 299–306, 1 jun. 2021.

LEE, H. J.; LEE, K. W.; TAKESHI, K.; LEE, Y. W.; KIM, H. J. Correlation analysis between lower limb muscle architectures and cycling power via ultrasonography. **Scientific Reports 2021 11:1**, v. 11, n. 1, p. 1–12, 8 mar. 2021a.

LEE, J. H.; KIM, S.; HEO, J.; PARK, D. H.; CHANG, E. Differences in the muscle activities of the quadriceps femoris and hamstrings while performing various squat exercises. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, v. 14, n. 1, p. 1–8, 1 dez. 2022.

LEE, K. L.; OH, T. W.; GIL, Y. C.; KIM, H. J. Correlation between muscle architecture and anaerobic power in athletes involved in different sports. **Scientific Reports 2021 11:1**, v. 11, n. 1, p. 1–8, 25 jun. 2021b.

LEVERITT, M.; ABERNETHY, P. J.; BARRY, B. K.; LOGAN, P. A. Concurrent Strength and Endurance Training. **Sports Medicine**, v. 28, n. 6, p. 413–427, 1999.

LI, F.; WANG, R.; NEWTON, R. U.; SUTTON, D.; SHI, Y.; DING, H. Effects of complex training versus heavy resistance training on neuromuscular adaptation, running economy and 5-km performance in well-trained distance runners. **PeerJ**, v. 7, n. 4, 2019.

LIEBER, R. L.; FRIDÉ, J. N. Functional and Clinical Significance of Skeletal Muscle Architecture. **Muscle Nerve**, v. 23, p. 1647–1666, 2000.

LIEGNELL, R.; WESSMAN, F.; SHALABI, A.; HARRINGE, M. Validity of ultrasonography-derived predictions for estimating skeletal muscle volume: a systematic literature review. **BMC medical imaging**, v. 21, n. 1, 1 dez. 2021.

LISEE, C.; BIRCHMEIER, T.; YAN, A.; KUENZE, C. Associations between isometric quadriceps strength characteristics, knee flexion angles, and knee extension

moments during single leg step down and landing tasks after anterior cruciate ligament reconstruction. **Clinical Biomechanics**, v. 70, p. 231–236, 1 dez. 2019.

LOENNEKE, J. P.; BUCKNER, S. L.; DANKEL, S. J.; ABE, T. Exercise-Induced Changes in Muscle Size do not Contribute to Exercise-Induced Changes in Muscle Strength. **Sports Medicine**, v. 49, n. 7, p. 987–991, 24 jul. 2019.

LOPEZ, P.; PINTO, M. D.; PINTO, R. S. Does Rest Time before Ultrasonography Imaging Affect Quadriceps Femoris Muscle Thickness, Cross-Sectional Area and Echo Intensity Measurements? **Ultrasound in Medicine & Biology**, v. 45, n. 2, p. 612–616, 1 fev. 2019.

LUM, D.; BARBOSA, T. M. Effects of Strength Training on Olympic Time-Based Sport Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 14, n. 10, p. 1318–1330, 1 nov. 2019.

MADEN-WILKINSON, T. M.; BALSHAW, T. G.; MASSEY, G. J.; FOLLAND, J. P. What makes long-term resistance-trained individuals so strong? A comparison of skeletal muscle morphology, architecture, and joint mechanics. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 128, n. 4, p. 1000–1011, 1 abr. 2020.

MAESTRONI, L.; READ, P.; BISHOP, C.; PAPADOPOULOS, K.; SUCHOMEL, T. J.; COMFORT, P.; TURNER, A. The Benefits of Strength Training on Musculoskeletal System Health: Practical Applications for Interdisciplinary Care. **Sports Medicine**, v. 50, n. 8, p. 1431–1450, 20 ago. 2020.

MANGINE, G. T.; FUKUDA, D. H.; LAMONICA, M. B.; GONZALEZ, A. M.; WELLS, A. J.; TOWNSEND, J. R.; JAJTNER, A. R.; FRAGALA, M. S.; STOUT, J. R.; HOFFMAN, J. R. Influence of gender and muscle architecture asymmetry on jump and sprint performance. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 13, n. 4, p. 904–911, 1 dez. 2014.

MANGINE, G. T.; GRUNDLINGH, N.; FEITO, Y. Normative Scores for CrossFit® Open Workouts: 2011–2022. **Sports**, v. 11, n. 2, p. 24, 18 jan. 2023.

MANGINE, G. T.; REDD, M. J.; GONZALEZ, A. M.; TOWNSEND, J. R.; WELLS, A. J.; JAJTNER, A. R.; BEYER, K. S.; BOONE, C. H.; LA MONICA, M. B.; STOUT, J. R.; FUKUDA, D. H.; RATAMESS, N. A.; HOFFMAN, J. R. Resistance training does not induce uniform adaptations to quadriceps. **PLOS ONE**, v. 13, n. 8, p. 1–12, 30 ago. 2018.

MANGINE, G. T.; STRATTON, M. T.; ALMEDA, C. G.; ROBERTS, M. D.; ESMAT, T. A.; VANDUSSELDORP, T. A.; FEITO, Y. Physiological differences between advanced CrossFit athletes, recreational CrossFit participants, and physically-active adults. **PLOS ONE**, v. 15, n. 4, p. 1–21, 7 abr. 2020a.

MANGINE, G. T.; TANKERSLEY, J. E.; MCDOUGLE, J. M.; VELAZQUEZ, N.; ROBERTS, M. D.; ESMAT, T. A.; VANDUSSELDORP, T. A.; FEITO, Y. Predictors of CrossFit Open Performance. **Sports**, v. 8, n. 7, p. 1–16, 20 jul. 2020b.

MARTÍNEZ-GÓMEZ, R.; VALENZUELA, P. L.; ALEJO, L. B.; GIL-CABRERA, J.; MONTALVO-PÉREZ, A.; TALAVERA, E.; LUCIA, A.; MORAL-GONZÁLEZ, S.; BARRANCO-GIL, D. Physiological predictors of competition performance in crossfit athletes. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 10, p. 1–12, 2 maio 2020.

MARTÍNEZ-GÓMEZ, R.; VALENZUELA, P. L.; BARRANCO-GIL, D.; MORAL-GONZÁLEZ, S.; GARCÍA-GONZÁLEZ, A.; LUCIA, A. Full-Squat as a Determinant of Performance in CrossFit. **International Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 09, p. 592–596, 10 ago. 2019.

MATSUDO, S.; ARAÚJO, T.; MATSUDO, V.; ANDRADE, D.; ANDRADE, E.; OLIVEIRA, L. C.; BRAGGION, G. Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ): Estudo de Validade e Reprodutibilidade no Brasil. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v. 6, n. 2, p. 1–14, 2012.

MAUDRICH, T.; TAPPER, P.; CLAUSS, M.; FALZ, R.; LÄSSING, J.; KENVILLE, R. Motor control strategies differ between monoarticular and biarticular quadriceps muscles during bipedal squats. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 32, n. 11, p. 1569–1580, 1 nov. 2022.

MCDUGLE, J. M.; MANGINE, G. T.; TOWNSEND, J. R.; JAJTNER, A. R.; FEITO, Y. Acute physiological outcomes of high-intensity functional training: a scoping review. **PeerJ**, v. 11, 3 jan. 2023.

MCGUIGAN, M. R.; WRIGHT, G. A.; FLECK, S. J. Strength Training for Athletes: Does It Really Help Sports Performance? **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 7, n. 1, p. 2–5, mar. 2012.

MCWEENY, D. K.; BOULE, N. G.; NETO, J. H. F.; KENNEDY, M. D. Effect of high intensity functional training and traditional resistance training on aerobic, anaerobic, and musculoskeletal fitness improvement. **Journal of Physical Education and Sport**, v. 20, n. 4, p. 1791–1802, 1 jun. 2020.

MEIER, N.; RABEL, S.; SCHMIDT, A. Determination of a CrossFit® Benchmark Performance Profile. **Sports (Basel, Switzerland)**, v. 9, n. 6, 1 jun. 2021.

METHENITIS, S. A Brief Review on Concurrent Training: From Laboratory to the Field. **Sports**, v. 6, n. 4, p. 1–17, 24 out. 2018.

MEYER, J.; MORRISON, J.; ZUNIGA, J. The Benefits and Risks of CrossFit: A Systematic Review. **Workplace Health & Safety**, v. 65, n. 12, p. 612–618, 31 dez. 2017.

MIRZAYEV, J. Effect of strength training on muscle architecture (review). **Sporto mokslas / Sport Science**, v. 1, n. 87, p. 60–64, 30 mar. 2017.

MIYATANI, M.; KANEHISA, H.; ITO, M.; KAWAKAMI, Y.; FUKUNAGA, T. The accuracy of volume estimates using ultrasound muscle thickness measurements in

different muscle groups. **European Journal of Applied Physiology**, v. 91, n. 2–3, p. 264–272, 1 mar. 2004.

MONTE, A.; BALZOPoulos, V.; MAGANARIS, C. N.; ZAMPARO, P. Gastrocnemius Medialis and Vastus Lateralis in vivo muscle-tendon behavior during running at increasing speeds. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 30, n. 7, 2020.

MONTI, E.; FRANCHI, M. V.; BADIALI, F.; QUINLAN, J. I.; LONGO, S.; NARICI, M. V. The time-course of changes in muscle mass, architecture and power during 6 weeks of plyometric training. **Frontiers in Physiology**, v. 11, p. 1–14, 4 ago. 2020.

MORSE, C. I.; DEGENS, H.; JONES, D. A. The validity of estimating quadriceps volume from single MRI cross-sections in young men. **European journal of applied physiology**, v. 100, n. 3, p. 267–274, jun. 2007.

MURTAGH, C. F.; NULTY, C.; VANRENTERGHEM, J.; O'BOYLE, A.; MORGANS, R.; DRUST, B.; ERSKINE, R. M. The Neuromuscular Determinants of Unilateral Jump Performance in Soccer Players Are Direction-Specific. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 13, n. 5, p. 604–611, 1 maio 2018.

NADER, G. A. Concurrent strength and endurance training: From molecules to man. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 38, n. 11, p. 1965–1970, nov. 2006.

NAGAHARA, R.; NAITO, H.; MIYASHIRO, K.; MORIN, J.-B.; ZUSHI, K. Traditional and ankle-specific vertical jumps as strength-power indicators for maximal sprint acceleration - PubMed. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 54, n. 6, p. 691–699, 2014.

NARICI, M.; FRANCHI, M.; MAGANARIS, C. Muscle structural assembly and functional consequences. **The Journal of experimental biology**, v. 219, n. Pt 2, p. 276–284, 1 jan. 2016.

NARICI, M. V.; ROI, G. S.; LANDONI, L.; MINETTI, A. E.; CERRETELLI, P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 59, n. 4, p. 310–319, nov. 1989.

NASCIMENTO, M. A. do; CYRINO, E. S.; NAKAMURA, F. Y.; ROMANZINI, M.; PIANCA, H. J. C.; QUEIRÓGA, M. R. Validação da equação de Brzycki para a estimativa de 1-RM no exercício supino em banco horizontal. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 1, p. 47–50, jan. 2007.

NETO MÜLLER, J.; LANFERDINI, F. J.; PASSOS KARAM, J. Y.; DE BRITO FONTANA, H. Examination of the confounding effect of subcutaneous fat on muscle echo intensity utilizing exogenous fat. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 46, n. 5, p. 473–478, 6 maio 2021.

NIKOLAIDOU, M. E.; MARZILGER, R.; BOHM, S.; MERSMANN, F.; ARAMPATZIS,

A. Operating length and velocity of human M. vastus lateralis fascicles during vertical jumping. **Royal Society open science**, v. 4, n. 5, p. 1–15, 1 maio 2017.

NIMPFIUS, S.; MCGUIGAN, M. R.; NEWTON, R. U. Changes in muscle architecture and performance during a competitive season in female softball players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 10, p. 2655–2666, out. 2012.

ORANCHUK, D. J.; NELSON, A. R.; STOREY, A. G.; CRONIN, J. B. Variability of Regional Quadriceps Architecture in Trained Men Assessed by B-Mode and Extended-Field-of-View Ultrasonography. **International journal of sports physiology and performance**, v. 15, n. 3, p. 430–436, 2019.

ORMSBEE, M. J.; SARACINO, P. G.; MORRISSEY, M. C.; DONALDSON, J.; RENTERÍA, L. I.; MCKUNE, A. J. Pre-sleep protein supplementation after an acute bout of evening resistance exercise does not improve next day performance or recovery in resistance trained men. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 19, n. 1, p. 164–178, 2022.

ÖZBAY, S. The Effects of Different Types of Strength Training for Recreational Purposes on the Body Composition and Strength Development of University Students. **Asian Journal of Education and Training**, v. 5, n. 2, p. 381–385, 2019.

PALLARÉS, J. G.; CAVA, A. M.; COUREL-IBÁÑEZ, J.; GONZÁLEZ-BADILLO, J. J.; MORÁN-NAVARRO, R. Full squat produces greater neuromuscular and functional adaptations and lower pain than partial squats after prolonged resistance training. **European Journal of Sport Science**, v. 20, n. 1, p. 115–124, 2 jan. 2020.

PESCATELLO, L.; ARENA, R.; RIEBE, D.; THOMPSON, P. **ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 9th Ed. 2014**. 9. ed. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins, 2014. 1–456 p.

PETRÉ, H.; HEMMINGSSON, E.; ROSDAHL, H.; PSILANDER, N. Development of Maximal Dynamic Strength During Concurrent Resistance and Endurance Training in Untrained, Moderately Trained, and Trained Individuals: A Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 51, n. 5, p. 991–1010, 22 maio 2021.

PETROSKI, E. L.; PIRES NETO, C. S. Validação de equações antropométricas para a estimativa da densidade corporal em homens. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 1, n. 3, p. 5–14, 28 ago. 1996.

PRODANOV, C. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. [s.l.: s.n.]276 p.

RABELLO, R.; POMPEO, K. D.; DE ALMEIDA PAZ, I.; LANFERDINI, F. J.; PINTO, R. S.; VAZ, M. A. Echo Intensity Reliability From Two Ultrasound Systems. **Journal of Diagnostic Medical Sonography**, v. 36, n. 5, p. 464–469, 1 set. 2020.

REFALO, M. C.; HAMILTON, D. L.; PAVAL, D. R.; GALLAGHER, I. J.; FEROS, S. A.; FYFE, J. J. Influence of resistance training load on measures of skeletal muscle hypertrophy and improvements in maximal strength and neuromuscular task

performance: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Sports Sciences**, v. 19, p. 1–23, 19 abr. 2021.

RIBEIRO, A. M. **PORTARIA SES nº 713, de 18 de setembro de 2020**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo>>. Acesso em: 9 jun. 2021.

RIBEIRO, A. S.; SANTOS, E. D.; NUNES, J. P.; NASCIMENTO, M. A.; GRAÇA, Á.; BEZERRA, E. S.; MAYHEW, J. L. A Brief Review on the Effects of the Squat Exercise on Lower-Limb Muscle Hypertrophy. **Strength & Conditioning Journal**, v. 45, n. 1, p. 58–66, fev. 2023.

RODRÍGUEZ, M. Á.; GARCÍA-CALLEJA, P.; TERRADOS, N.; CRESPO, I.; DEL VALLE, M.; OLMEDILLAS, H. Injury in CrossFit®: A Systematic Review of Epidemiology and Risk Factors. **The Physician and Sportsmedicine**, v. 7, p. 1–8, 7 jan. 2021.

RUIZ-CÁRDENAS, J. D.; RODRÍGUEZ-JUAN, J. J.; RÍOS-DÍAZ, J. Relationship between jumping abilities and skeletal muscle architecture of lower limbs in humans: Systematic review and meta-analysis. **Human Movement Science**, v. 58, p. 10–20, 1 abr. 2018.

SANTOS QUARESMA, M. V. L. dos; GUAZZELLI MARQUES, C.; NAKAMOTO, F. P. Effects of diet interventions, dietary supplements, and performance-enhancing substances on the performance of CrossFit-trained individuals: A systematic review of clinical studies. **Nutrition**, v. 82, p. 110994, 1 fev. 2021.

SARTO, F.; SPÖRRI, J.; FITZE, D. P.; QUINLAN, J. I.; NARICI, M. V.; FRANCHI, M. V. Implementing Ultrasound Imaging for the Assessment of Muscle and Tendon Properties in Elite Sports: Practical Aspects, Methodological Considerations and Future Directions. **Sports Medicine**, v. 51, n. 6, p. 1151–1170, 8 jun. 2021.

SCHLEGEL, P. CrossFit® training strategies from the perspective of concurrent training: A systematic review. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 19, n. 4, p. 670–680, 1 dez. 2020.

SCHLEGEL, P.; REŽNÝ, L.; FIALOVÁ, D. Pilot study: Performance-ranking relationship analysis in Czech crossfitters. **Journal of Human Sport and Exercise**, v. 16, n. 1, p. 187–198, 2020.

SCHOENFELD, B.; FISHER, J.; GRGIC, J.; HAUN, C.; HELMS, E.; PHILLIPS, S.; STEELE, J.; VIGOTSKY, A. Resistance Training Recommendations to Maximize Muscle Hypertrophy in an Athletic Population: Position Stand of the IUSCA. **International Journal of Strength and Conditioning**, v. 1, n. 1, p. 1–30, 16 ago. 2021a.

SCHOENFELD, B. J. The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance Training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2857–2872, out. 2010.

SCHOENFELD, B. J.; GRGIC, J.; VAN EVERY, D. W.; PLOTKIN, D. L. Loading

Recommendations for Muscle Strength, Hypertrophy, and Local Endurance: A Re-Examination of the Repetition Continuum. **Sports**, v. 9, n. 2, p. 32, 22 fev. 2021b.

SCHUMANN, M.; RØNNESTAD, B. R. **Concurrent Aerobic and Strength Training**. 1. ed. Suíça: Springer International Publishing, 2019. v. 11–416 p.

SEOW, K. N.; SEOW, C. Y. Molecular Events of the Crossbridge Cycle Reflected in the Force–Velocity Relationship of Activated Muscle. **Frontiers in Physiology**, v. 13, p. 395, 10 mar. 2022.

SEYNNES, O. R.; DE BOER, M.; NARICI, M. V. Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. **Journal of Applied Physiology**, v. 102, n. 1, p. 368–373, jan. 2007.

SILVA, M. E. da. **Efeito agudo do Treinamento de Potência baseado na perda de velocidade em idosos**. 2020. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

SIRI, W. E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961. **Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)**, v. 9, n. 5, p. 480–491, 1993.

SLATER, L. V.; HART, J. M. Muscle Activation Patterns During Different Squat Techniques. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 3, p. 667–676, 1 mar. 2017.

SOBRERO, G.; ARNETT, S.; SCHAFFER, M.; STONE, W.; TOLBERT, T. A.; SALYER-FUNK, A.; CRANDALL, J.; FARLEY, L. B.; BROWN, J.; LYONS, S.; ESSLINGER, T.; ESSLINGER, K.; MAPLES, J. A Comparison of High Intensity Functional Training and Circuit Training on Health and Performance Variables in Women: A Pilot Study. **Women in Sport and Physical Activity Journal**, v. 25, n. 1, p. 1–10, 7 abr. 2017.

SOUSA, A. F. M. de; DOS SANTOS, G. B.; DOS REIS, T.; VALERINO, A. J. R.; ROSSO, D.; BOULLOSA, D. A. Differences in Physical Fitness between Recreational CrossFit® and Resistance Trained Individuals. **Journal of Exercise Physiologyonline October**, v. 19, n. 5, p. 112–122, 2016.

SOUSA NETO, I. V. de; SOUSA, N. M. F. de; NETO, F. R.; FALK NETO, J. H.; TIBANA, R. A. Time Course of Recovery Following CrossFit® Karen Benchmark Workout in Trained Men. **Frontiers in Physiology**, v. 13, p. 1388, 19 ago. 2022.
 SOUZA, P. A. de; TEIXEIRA, D. R.; CORTE, J. Della; BATISTA, C. A. de S.; MIRANDA, H. L.; PAZ, G. A. Acute effect of intra-set static stretching on antagonists versus passive interval on the performance of maximum repetitions of agonists in leg extension machine. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 22, p. 1–10, 9 mar. 2020.

SOUZA, E. O.; UGRINOWITSCH, C.; TRICOLI, V.; ROSCHEL, H.; LOWERY, R. P.; AIHARA, A. Y.; LEÃO, A. R. S.; WILSON, J. M. Early Adaptations to Six Weeks of Non-Periodized and Periodized Strength Training Regimens in Recreational Males. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 13, n. 3, p. 604, 2014.

STOCK, M. S.; THOMPSON, B. J. Echo intensity as an indicator of skeletal muscle quality: applications, methodology, and future directions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 121, n. 2, p. 369–380, 21 fev. 2021.

STONE, M. H. Explosive Exercise and Training : Strength & Conditioning Journal. **National Strength and Conditioning Association Journal**, v. 15, n. 3, p. 7–15, 1993.

STRASSER, E. M.; DRASKOVITS, T.; PRASCHAK, M.; QUITTAN, M.; GRAF, A. Association between ultrasound measurements of muscle thickness, pennation angle, echogenicity and skeletal muscle strength in the elderly. **Age (Dordrecht, Netherlands)**, v. 35, n. 6, p. 2377–2388, 2013.

SUCHOMEL, T. J.; NIMPHIUS, S.; BELLON, C. R.; STONE, M. H. The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. **Sports Medicine**, v. 48, n. 4, p. 765–785, 25 abr. 2018.

SUCHOMEL, T. J.; NIMPHIUS, S.; STONE, M. H. The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. **Sports Medicine**, v. 46, n. 10, p. 1419–1449, 2 out. 2016.

SUCHOMEL, T.; STONE, M. The Relationships between Hip and Knee Extensor Cross-Sectional Area, Strength, Power, and Potentiation Characteristics. **Sports**, v. 5, n. 3, p. 66, 5 set. 2017.

TABER, C. B.; VIGOTSKY, A.; NUCKOLS, G.; HAUN, C. T. Exercise-Induced Myofibrillar Hypertrophy is a Contributory Cause of Gains in Muscle Strength. **Sports Medicine**, v. 49, n. 7, p. 993–997, 23 jul. 2019.

THOMPSON, W. R. Worldwide survey of fitness trends for 2018: The CREP Edition. **ACSM's Health and Fitness Journal**, v. 21, n. 6, p. 10–19, 1 nov. 2017.

TIBANA, R. A.; DE FARIAS, D. L.; NASCIMENTO, D. C.; DA SILVA-GRIGOLETTO, M. E.; PRESTES, J. Relação da força muscular com o desempenho no levantamento olímpico em praticantes de CrossFit®. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 11, n. 2, p. 84–88, 1 abr. 2018.

TIBANA, R. A.; FRADE DE SOUSA, N. M.; DA SILVA-GRIGOLETTO, M. E.; AZEVEDO VOLTARELLI, F. Periodização do treinamento aplicada aos programas de condicionamento extremo (Training periodization applied in extreme conditioning programs). **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 12, p. 300–306, 26 fev. 2019.

TIBANA, R. A.; SOUSA, N. M. F. de. Are extreme conditioning programmes effective and safe? A narrative review of high-intensity functional training methods research paradigms and findings. **BMJ Open Sport & Exercise Medicine**, v. 4, n. 1, p. 1–10, 1 nov. 2018.

TRAVIS, S. K.; ISHIDA, A.; TABER, C. B.; FRY, A. C.; STONE, M. H. Emphasizing

- Task-Specific Hypertrophy to Enhance Sequential Strength and Power Performance. **Journal of Functional Morphology and Kinesiology**, v. 5, n. 4, p. 1–25, 27 out. 2020. Disponível em: <www.mdpi.com/journal/jfmk>. Acesso em: 7 maio. 2021.
- TREZISE, J.; BLAZEVIČH, A. J. Anatomical and Neuromuscular Determinants of Strength Change in Previously Untrained Men Following Heavy Strength Training. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 1–17, 6 ago. 2019.
- VAN HOOREN, B.; ZOLOTARJOVA, J. The Difference Between Countermovement and Squat Jump Performances: A Review of Underlying Mechanisms With Practical Applications. **Journal of strength and conditioning research**, v. 31, n. 7, p. 2011–2020, 1 jul. 2017.
- VANITALLIE, T. B.; YANG, M. U.; HEYMSFIELD, S. B.; FUNK, R. C.; BOILEAU, R. A. Height-normalized indices of the body's fat-free mass and fat mass: potentially useful indicators of nutritional status. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 52, n. 6, p. 953–959, 1 dez. 1990.
- VIGOTSKY, A. D.; BRYANTON, M. A.; NUCKOLS, G.; BEARDSLEY, C.; CONTRERAS, B.; EVANS, J.; SCHOENFELD, B. J. Biomechanical, Anthropometric, and Psychological Determinants of Barbell Back Squat Strength. **Journal of strength and conditioning research**, v. 33, p. S26–S35, 1 jul. 2019.
- WAGLE, J.; CARROLL, K.; CUNANAN, A.; TABER, C.; WETMORE, A.; BINGHAM, G.; DEWEESE, B.; SATO, K.; STUART, C.; STONE, M. Comparison of the Relationship between Lying and Standing Ultrasonography Measures of Muscle Morphology with Isometric and Dynamic Force Production Capabilities. **Sports**, v. 5, n. 4, p. 1–11, 21 nov. 2017.
- WHITTA, G.; LIANG, J.; STOTT, N. S.; MIRJALILI, S. A.; BATTIN, M.; WILLIAMS, S. A. The reliability of the measurement of muscle volume using magnetic resonance imaging in typically developing infants by two raters. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 18191, 1 dez. 2022.
- WILKE, J.; MOHR, L. Chronic effects of high-intensity functional training on motor function: a systematic review with multilevel meta-analysis. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1–13, 10 dez. 2020.
- WILSON, J. M.; MARIN, P. J.; RHEA, M. R.; WILSON, S. M. C.; LOENNEKE, J. P.; ANDERSON, J. C. Concurrent training: A meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 8, p. 2293–2307, ago. 2012.
- WISDOM, K. M.; DELP, S. L.; KUHL, E. Use it or lose it: Multiscale skeletal muscle adaptation to mechanical stimuli. **Biomechanics and modeling in mechanobiology**, v. 14, n. 2, p. 195, 1 abr. 2015.
- WONG, V.; SPITZ, R. W.; BELL, Z. W.; VIANA, R. B.; CHATAKONDI, R. N.; ABE, T.; LOENNEKE, J. P. Exercise induced changes in echo intensity within the muscle: a brief review. **Journal of Ultrasound**, v. 23, n. 4, p. 457–472, 1 dez. 2020.

WU, R.; DE VITO, G.; DELAHUNT, E.; DITROILO, M. Age-related Changes in Motor Function (I). Mechanical and Neuromuscular Factors. **International Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 11, p. 709–719, 4 maio 2020.

YAVUZ, H. U.; ERDAG, D. Kinematic and Electromyographic Activity Changes during Back Squat with Submaximal and Maximal Loading. **Applied bionics and biomechanics**, v. 2017, 2017.

ZARAS, N. D.; STASINAKI, A. N. E.; METHENITIS, S. K.; KRASE, A. A.; KARAMPATSOS, G. P.; GEORGIADIS, G. V.; SPENGOS, K. M.; TERZIS, G. D. Rate of Force Development, Muscle Architecture, and Performance in Young Competitive Track and Field Throwers. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 1, p. 81–92, 1 jan. 2016.

ZARAS, N.; STASINAKI, A.-N.; SPILIOPOULOU, P.; MPAMPOULIS, T.; HADJICHARALAMBOUS, M.; TERZIS, G. Effect of Inter-Repetition Rest vs. Traditional Strength Training on Lower Body Strength, Rate of Force Development, and Muscle Architecture. **Applied Sciences**, v. 11, n. 1, p. 45, 23 dez. 2020.

ZEITZ, E. K.; COOK, L. F.; DEXHEIMER, J. D.; LEMEZ, S.; LEYVA, W. D.; TERBIO, I. Y.; TRAN, J. R.; JO, E. The Relationship between CrossFit® Performance and Laboratory-Based Measurements of Fitness. **Sports**, v. 8, n. 8, p. 1–12, 11 ago. 2020.

ZHAO, M.; VEERANKI, S. P.; MAGNUSSEN, C. G.; XI, B. Recommended physical activity and all cause and cause specific mortality in US adults: prospective cohort study. **BMJ**, v. 370, p. 1–10, 1 jul. 2020.

APÊNDICE A – Modelo de Questionário

Identificador: 001

Qual método de treinamento você pratica?

- CrossFit
- Musculação
- Outro tipo de atividade

Apenas para praticantes de TFAI

Há quanto tempo você pratica CrossFit?

Qual o seu objetivo com a prática CrossFit?

Para as perguntas 3 a 5, considere uma semana típica, ou seja, sem contratempos.

Com que frequência você treina?

- 2 x por semana
- 3 x por semana
- 4x por semana
- 5x por semana
- 6x por semana
- Todos os dias

Quantas minutos em média você realiza seu treinamento?

- Menos que 60 minutos
- 60 minutos
- 90 minutos
- 120 minutos
- Mais de 120 minutos

Você realiza mais exercícios de força ou aeróbios?

- Força**
- Aeróbios
- Sem diferença, os exercícios são igualmente distribuídos ao longo da semana.
- Depende da semana

Sobre os Exercícios de Força

Você tem experiência em executar o agachamento no aparelho *Smith*?

- Sim
- Não

Durante uma semana típica, ou seja, sem contratempos, quantos exercícios de força para os membros inferiores você realiza?

- 1 exercício
- 2 a 3 exercícios
- 4 ou mais exercícios

Qual a maior carga em kg, que você já agachou, e quantas repetições você realizou? Descreva sua resposta sem o peso da barra e, se souber, com o peso da barra.

Com que frequência você realiza os exercícios de força com pouca carga e muitas repetições (mais de 20 repetições, por exemplo)?

- Nunca

- Uma a duas vezes na semana
- Três vezes na semana
- Quatro ou mais vezes na semana
- Sempre

Com que frequência você realiza os exercícios de força com cargas relativamente pesadas?

- Nunca
- Uma a duas vezes na semana
- Três vezes na semana
- Quatro ou mais vezes na semana
- Sempre

Com que frequência você realiza os exercícios de força com altas carga e poucas repetições (até 5 repetições, por exemplo)?

- Nunca
- Uma a duas vezes na semana
- Três vezes na semana
- Quatro ou mais vezes na semana
- Sempre

Sobre os Exercícios Aeróbios

Levando em consideração exercícios aeróbios apenas para membros inferiores.

Com que frequência você realiza os exercícios aeróbios leves?

- Nunca
- Uma a duas vezes na semana
- Três vezes na semana
- Quatro ou mais vezes na semana
- Sempre

Com que frequência você realiza os exercícios aeróbios com intensidade moderada?

- Nunca
- Uma a duas vezes na semana
- Três vezes na semana
- Quatro ou mais vezes na semana
- Sempre

Com que frequência você realiza os exercícios aeróbios com alta intensidade?

- Nunca
- Uma a duas vezes na semana
- Três vezes na semana
- Quatro ou mais vezes na semana
- Sempre

Apenas para praticantes de Musculação

Há quanto tempo você pratica Musculação?

Qual o seu objetivo com a prática da Musculação?

Para as perguntas 3 a 5, considere uma semana típica, ou seja, sem contratempos.

Com que frequência você treina?

- 2 x por semana

- 3 x por semana
- 4x por semana
- 5x por semana
- 6x por semana
- Todos os dias

Quantas minutos em média você realiza seu treinamento?

- Menos que 60 minutos
- 60 minutos
- 90 minutos
- 120 minutos
- Mais de 120 minutos

Você realiza mais exercícios de força ou aeróbios?

- Força
- Aeróbios
- Sem diferença, os exercícios são igualmente distribuídos ao longo da semana.
- Depende da semana

Sobre os Exercícios de Força

Você tem experiência em executar o agachamento no aparelho *Smith*?

- Sim
- Não

Durante uma semana típica, ou seja, sem contratempos, quantos exercícios de força para os membros inferiores você realiza?

- 1 exercício
- 2 a 3 exercícios
- 4 ou mais exercícios

Qual a maior carga em kg, que você já agachou, e quantas repetições você realizou? Descreva sua resposta sem o peso da barra e, se souber, com o peso da barra.

Com que frequência você realiza os exercícios de força com pouca carga e muitas repetições (mais de 20 repetições, por exemplo)?

- Nunca
- Uma a duas vezes na semana
- Três vezes na semana
- Quatro ou mais vezes na semana
- Sempre

Com que frequência você realiza os exercícios de força com cargas relativamente pesadas?

- Nunca
- Uma a duas vezes na semana
- Três vezes na semana
- Quatro ou mais vezes na semana
- Sempre

Com que frequência você realiza os exercícios de força com altas carga e poucas repetições (até 5 repetições, por exemplo)?

- Nunca
- Uma a duas vezes na semana
- Três vezes na semana
- Quatro ou mais vezes na semana
- Sempre

Apenas para participantes fisicamente ativo
Qual atividade você mais pratica?

Para as perguntas 3 a 5, considere uma semana típica, ou seja, sem contratempos.

Com que frequência você pratica essa atividade?

- 2 x por semana
- 3 x por semana
- 4x por semana
- 5x por semana
- 6x por semana
- Todos os dias

Quantas minutos em média você realiza sua atividade?

- Menos que 60 minutos
- 60 minutos
- 90 minutos
- 120 minutos
- Mais de 120 minutos

Aspectos Alimentares para todos os participantes

Atualmente, você possui acompanhamento alimentar de algum profissional?

- Sim
- Não

Se sim, há quanto tempo você tem esse acompanhamento? (por exemplo, 7 meses)

Ao longo do seu tempo de treinamento, você já fez acompanhamento alimentar com algum profissional?

- Sim
- Não

Se sim, por quanto tempo você tem esse acompanhamento?

Atualmente, você controla a sua alimentação, sem acompanhamento de algum profissional?

- Sim
- Não
- Não faço nenhum controle da minha alimentação.

Se sim, há quanto tempo você está fazendo esse controle?

Você fez ou faz uso de suplementação alimentar?

- Sim
- Não

Se sim, quais suplementos você já fez uso ao longo do seu período de treinamento?

- Hidroeletrolítico (Ex: Gatorade, Sport Drink, Marathon)
- Energético (CHO) (Ex: Maltodextrina, Guaraná, Waxymaize)
- Proteico (Ex: Whey, ALBUMINA, Caseína, barra de proteína)
- Aminoácidos (Ex: BCAA, Glutamina, Arginina)
- BCAA
- Vitamina
- Lipídeos (Ex: CLS, Ômega 3)

Se sim, quais suplementos você faz uso atualmente?

- Hidroeletrólítico (Ex: Gatorade, Sport Drink, Marathon)
- Energético (CHO) (Ex: Maltodextrina, Guaraná, Waxymaize)
- Proteico (Ex: Whey, ALBUMINA, Caseína, barra de proteína)
- Aminoácidos (Ex: BCAA, Glutamina, Arginina)
- BCAA
- Vitamina
- Lipídeos (Ex: CLS, Ômega 3)

APÊNDICE B – Protocolo Dobras Cutâneas

Tríceps

Definição: A medida da dobra cutânea é realizada paralelamente ao eixo longo do braço, na altura do sítio da dobra do Tríceps.

Posição do avaliado: O avaliado assume posição relaxada em pé. O braço direito deve estar relaxado com o ombro em discreta rotação externa, em pronação média, e o cotovelo em extensão ao longo do corpo.

Subescapular

Definição: Medida de dobra cutânea realizada com o pinçamento correndo obliquamente para baixo, no sítio da dobra cutânea Subscapular.

Posição do avaliado: O avaliado assume uma posição relaxada em pé com os braços ao longo do corpo.

Método: A linha da dobra cutânea é determinada pelas linhas naturais da dobra da pele.

Crista ilíaca

Definição: Medida de dobra cutânea realizada quase horizontalmente no sítio da dobra cutânea de Crista Ilíaca.

Posição do avaliado: O avaliado assume uma posição relaxada em pé. O ombro direito deve estar abduzido ou com o braço cruzado à frente do tronco.

Método: A linha da dobra cutânea usualmente segue uma direção posterior-anterior, levemente inclinada para baixo, como determinada pelas linhas naturais da dobra da pele.

Panturrilha medial

Definição: A medida de dobra cutânea é realizada verticalmente no sítio de dobra cutânea de panturrilha medial.

Posição do avaliado: O avaliado assume posição relaxada em pé com o pé direito apoiado sobre a caixa antropométrica. O joelho direito fica flexionado a aproximadamente 90°.

Método: O pé direito do avaliado é apoiado sobre a caixa com a panturrilha relaxada. A dobra é paralela ao eixo longo da perna.

APÊNDICE C – Informação de Suplementos

Tabela 11 - Suplementos alimentares utilizados pelos participantes.

Tipos de Suplementos utilizados	Grupos					
	FA		TFAI		TF	
	f	%	f	%	f	%
Atualmente						
Hidroeletrolítico (Ex: Gatorade, <i>Sport Drink</i> , <i>Marathon</i>)	1	16,7	2	11,8	-	-
Energético (CHO) (Ex: Maltodextrina, Guaraná, <i>Waxy maize</i>)	1	16,7	2	11,8	-	-
Proteico (Ex: <i>Whey</i> , ALBUMINA, Caseína, barra de proteína)	2	33,3	5	29,4	5	100
Aminoácidos (Ex: BCAA, Glutamina, Arginina)	1	16,7	2	11,8	-	-
BCAA	-	-	-	-	-	-
Vitamina	1	16,7	3	17,6	-	-
Lipídeos (Ex: CLS, Ômega 3)	-	-	3	17,6	-	-
Utilizados ao longo dos anos de treinamento						
Hidroeletrolítico	2	20	4	18,2	2	10
Energético (CHO)	1	10	3	13,6	1	5
Proteico	3	30	5	22,7	6	30
Aminoácidos	2	20	2	9,1	3	15
BCAA	1	10	2	9,1	3	15
Vitamina	1	10	3	13,6	3	15
Lipídeos	0	-	3	13,6	2	10

Fonte: elaborado pelo autor

Legenda: apresentados em frequência absoluta (f) e relativa (%). FA, fisicamente ativo; TFAI, treinamento funcional de alta intensidade; TF, treinamento de força.

APÊNDICE D – Medidas adicionais Arquitetura Muscular

Tabela 12 - Medidas de concordância e reprodutibilidade para as medidas de arquitetura muscular.

	ETM	95% IC	ETM	95% IC
Vasto intermédio				
Comprimento do Fascículo	0,24	0,18 - 0,33	0,97	0,94 - 0,99
Ângulo de penação	0,52	0,40 - 0,72	0,99	0,97 - 0,99
Espessura muscular	0,02	0,02 - 0,03	0,99	0,99 - 1
Reto femoral				
Comprimento do Fascículo	0,3	0,24 - 0,43	0,99	0,98 - 0,99
Ângulo de penação	0,33	0,26 - 0,46	0,99	0,98 - 0,99
Espessura muscular	0,02	0,01 - 0,03	0,99	0,99 - 1
Intensidade do eco	1,61	1,25 - 2,25	0,98	0,95 - 0,99
Vasto lateral				
Comprimento do Fascículo	0,13	0,10 - 0,18	0,99	0,97 - 0,99
Ângulo de penação	0,27	0,21 - 0,38	0,99	0,99 - 0,99
Espessura muscular	0,02	0,01 - 0,03	0,99	0,99 - 0,99
Intensidade do eco	2,54	1,97 - 3,56	0,95	0,88 - 0,97
Vasto medial				
Comprimento do Fascículo	0,23	0,18 - 0,33	0,99	0,97 - 0,99
Ângulo de penação	0,7	0,54 - 0,98	0,98	0,97 - 0,99
Espessura muscular	0,08	0,07 - 0,12	0,97	0,94 - 0,99
Intensidade do eco	1,79	1,39 - 2,51	0,99	0,98 - 0,99

Fonte: elaborado pelo autor

Legenda: ETM, erro típico de medida; IC, intervalo de confiança; CCI, coeficiente de correlação intraclasse; FA, fisicamente ativo; TFAI, treinamento funcional de alta intensidade; TF, treinamento de força; AST, área de secção transversal.

APÊNDICE E – Medidas adicionais Morfologia e Desempenho físico

Tabela 13 - Medidas de concordância e reprodutibilidade para as medidas de morfologia muscular e medidas de desempenho.

	ETM	95% IC	ETM	95% IC
Morfologia muscular				
AST RF	0,14	0,11 - 0,19	0,99	0,98 - 0,99
AST VL	0,39	0,31 - 0,55	0,99	0,98 - 0,99
Volume muscular	7,53	5,85 – 10,56	0,99	0,98 - 0,99
Medidas de desempenho				
1RM (kg)	0,96	0,75 - 1,35	0,99	0,98 - 0,99
Altura do salto (cm)	0,78	0,61 - 1,09	0,98	0,97 - 0,99
Potência pico (W)	88,42	68,72 – 124,03	0,99	0,97 - 0,99
Potência pico ajustada (W/kg)	1,2	0,93 - 1,69	0,97	0,95 - 0,99

Fonte: elaborado pelo autor

Legenda: ETM, erro típico de medida; IC, intervalo de confiança; CCI, coeficiente de correlação intraclasse; FA, fisicamente ativo; TFAI, treinamento funcional de alta intensidade; TF, treinamento de força; AST, área de secção transversa; RF, reto femoral; VL, vasto lateral.

ANEXO A – Parecer do Comitê de ética

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Adaptações morfológicas e de desempenho entre praticantes de Treinamento Funcional de Alta Intensidade e praticantes de Treinamento de Força

Pesquisador: Antônio Renato Pereira Moro

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 51849421.6.0000.0121

Instituição Proponente: Universidade Federal de Santa Catarina

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.124.926

Apresentação do Projeto:

Trata-se de projeto de tese de doutorado de Silas Nery de Oliveira, sob orientação de Antônio Renato Pereira Moro, do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, da Universidade Federal de Santa Catarina.

As informações que seguem e as elencadas nos campos "Objetivo da pesquisa" e "Avaliação dos riscos e benefícios" foram retiradas do arquivo PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1823273.pdf, de 11/11/2021, preenchido pelos pesquisadores.

Segundo os pesquisadores:

O objetivo geral desse estudo será avaliar as adaptações morfológicas e de desempenho muscular entre praticantes de Treinamento Funcional de Alta Intensidade (TFAI) e praticantes de Treinamento de Força (TF). Participarão do estudo homens adultos (18 anos), caracterizados em três grupos: praticantes com 2 anos de experiência em TFAI, praticantes com 2 anos de experiência em TF, e um grupo controle composto por indivíduos fisicamente ativos. Os participantes serão avaliados quanto o nível de atividade física, caracterização do treinamento, caracterização alimentar, todas essas informações através de um questionário, além disso, serão realizadas avaliações de antropometria, composição corporal por meio de dobras cutâneas, morfologia musculotendínea através de um aparelho de ultrassom, salto vertical com auxílio de

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

Continuação do Parecer: 5.124.028

Lembramos aos pesquisadores que, no cumprimento da Resolução 466/12, o CEP/SH/UFSC deverá receber, por meio de notificação, os relatórios parciais sobre o andamento da pesquisa e o relatório completo ao final do estudo.

Qualquer alteração nos documentos apresentados deve ser encaminhada para avaliação do CEP/SH. Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e as suas justificativas. Informamos, ainda, que a versão do TCLE a ser utilizada deverá obrigatoriamente corresponder na íntegra à versão vigente aprovada.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1823273.pdf	11/11/2021 14:31:59		Aceito
Outros	Carta_Resposta_.pdf	11/11/2021 14:30:16	Silas Nery de Oliveira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	11/11/2021 14:29:26	Silas Nery de Oliveira	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa.docx	11/11/2021 14:28:53	Silas Nery de Oliveira	Aceito
Folha de Rosto	FolhaDeRosto_assinado.pdf	10/09/2021 16:09:12	Antônio Renato Perreira Moro	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401
 Bairro: Trindade CEP: 88.040-400
 UF: SC Município: FLORIANÓPOLIS
 Telefone: (48)3721-6094 E-mail: cep.propesq@contato.ufsc.br

ANEXO B – Questionário IPAQ

QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA – VERSÃO CURTA

Nome: _____

Data: ____/____/____ Idade: ____ Sexo: F () M ()

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. Este projeto faz parte de um grande estudo que está sendo feito em diferentes países ao redor do mundo. Suas respostas nos ajudarão a entender que tão ativos nós somos em relação a pessoas de outros países. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física na ÚLTIMA semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são MUITO importantes. Por favor responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação!

Para responder as questões lembre-se que:

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar **MUITO** mais forte que o normal.
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar **UM POUCO** mais forte que o normal.

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza por pelo menos 10 minutos contínuos de cada vez.

1a Em quantos dias da última semana você CAMINHOU por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

dias ____ por SEMANA () Nenhum

1b Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando por dia?

horas: ____ Minutos: ____

2a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades MODERADAS por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar

do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar moderadamente sua respiração ou batimentos do coração (POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA)

dias _____ por SEMANA () Nenhum

2b. Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades por dia?

horas: _____ Minutos: _____

3a Em quantos dias da última semana, você realizou atividades VIGOROSAS por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar MUITO sua respiração ou batimentos do coração.

dias _____ por SEMANA () Nenhum

3b Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades por dia?

horas: _____ Minutos: _____

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV. Não inclua o tempo gasto sentando durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

4a. Quanto tempo no total você gasta sentado durante um dia de semana?

_____ horas ____ minutos

4b. Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um dia de final de semana?

_____ horas ____ minutos